

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**  
**FAKULTA TEXTILNÍ**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**LIBEREC 2012**

**Bc. JANA FRANCOVÁ**

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**

**FAKULTA TEXTILNÍ**



Studijní program: N3108 Průmyslový management

Studijní obor: Produktový management - textil

**VLIV PŘEDÚPRAVY NA PLSTIVOST  
KRÁLIČÍ SRSTI**

**EFFECT OF TREATMENT ON FELTING  
PROPERTIES OF RABBIT HAIR**

Jana Francová

KHT- 134

**Vedoucí diplomové práce:** Ing. Jana Šašková

**Rozsah práce:**

Počet stran textu...76

Počet obrázků.....60

Počet tabulek.....22

**ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**  
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jana Francová**  
Osobní číslo: **T10000106**  
Studijní program: **N3108 Průmyslový management**  
Studijní obor: **Produktový management - Textil**  
Název tématu: **Vliv předúpravy na plstivost králíčí srsti**  
Zadávající katedra: **Katedra hodnocení textilií**

**Z á s a d y   p r o   v y p r a c o v á n í :**

- 1) Proveďte rešerši k zadanému tématu
- 2) Zaveďte metodiku na měření plstivosti králíčích chlupů
- 3) Otestujte plstivost králíčích chlupů jak v přírodním tak i modifikovaném stavu
- 4) K úpravě plstivosti vláken použijte chemická činidla, termické poškození, UV ozařování apod.
- 5) Výsledky diskutujte z technologického hlediska

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy: 50 - 60 stran

Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

Franck, R.: Silk, mohair, cashmere and other luxury fibres, Woodhead Publishing Limited, Cambridge, England, 2001

Houck, M., M: Identification of textile fibres, Woodhead Publishing Limited, Cambridge, England, 2009

Gupta, N.,P; Journal of Textile Association, Vol.68, No.1, May -June 2007, pg. 43-5

Vedoucí diplomové práce:

**Ing. Jana Šašková**

Katedra textilní chemie

Konzultant diplomové práce:

**doc. Ing. Jakub Wiener, Ph.D.**

Katedra textilní chemie

Datum zadání diplomové práce:

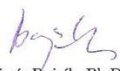
**30. října 2011**

Termín odevzdání diplomové práce:

**9. května 2012**

  
prof. RNDr. Aleš Linka, CSc.  
děkan



  
Ing. Vladimír Bajzík, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Liberci dne 1. listopadu 2011

## **Prohlášení**

Byl(a) jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Datum            30.4.2012

Podpis           Jana Francová

## **PODĚKOVÁNÍ**

Chtěla bych poděkovat především paní Ing. Janě Šáškové, která byla mou vedoucí diplomové práce. Konzultovala se mnou zadanou diplomovou práci a po celou dobu mne podporovala. Náležité dík patří i panu doc. Ing. Wienerovi Ph.D., paní Mgr. Šlamborové Ph.D. a paní Ing. Grabmüllerové, kteří mi pomohli s experimentální částí práce. Děkuji i firmě Tonak, která mi poskytla vzorky a umožnila nahlédnutí do výroby.

V neposlední řadě chci poděkovat svému příteli a rodině za podporu po celou dobu studia.

## ANOTACE

Cílem diplomové práce na zadané téma je nejen zjistit, jaký vliv má aplikovaná předúprava na plstivost králíčí srsti, ale i navrhnout vhodnou metodiku na hodnocení plstivosti králíčí popřípadě i jiné srsti.

V oblasti zkoumání vlastností králíčích chlupů, z hlediska textilního, zatím nedošlo k patřičnému vědeckému zájmu, přestože v České Republice sídlí jedna z největších firem světa zpracovávající králíčí srst na klobouky. Práce vznikla na popud této novojičínské firmy, která má zájem nahradit stávající technologii předúpravy srsti jinou, ekologicky i energeticky přijatelnější.

Práce je rozdělena do dvou částí - teoretické a experimentální. První část se zabývá charakterem a vlastnostmi keratinových vláken, principy plstění a v neposlední řadě je v ní představena firma Tonak a technologie, kterou využívá. V druhé části jsou nejprve navrženy metodika a podmínky experimentálního plstění, a poté jsou představeny zkoušky plstivosti v závislosti na aplikovaných předúpravách.

### KLÍČOVÁ SLOVA:

- králíčí vlas
- keratin
- plstivost
- Aachenská metoda pro hodnocení plstivosti
- enzym
- UV osvit

## ANNOTATION

The aim of the thesis on an assigned theme is not only to find the influence of the treatment on felting properties of rabbit hairs, but also to suggest suitable methodology of the evaluation of felting properties of rabbit or other hairs.

It has not come to appropriate scientific interest yet, although the largest companies in the world, which produce hat from rabbit hairs, is located in the Czech Republic. This thesis was initiated by the company from Nový Jičín. This company wants to replace current technology of treatment of rabbit fur to another treatment, which will be ecologically and energy more acceptable.

The thesis is divided into two parts - theoretical and experimental. The first part deals with the character and properties of keratin fibers, felting principles and presentation the company Tonak and technology, which it use. In the second part methodology and the experimental conditions are proposed at first and then felting tests depending on the applied treatments are presented.

### KEY TERMS:

- rabbit hair
- keratin
- felting
- Aachen felting test method
- enzyme
- UV exposure



## OBSAH:

Obsah .....	8
Seznam použitých zkratk a symbolů .....	10
Úvod.....	11
TEORETICKÁ ČÁST .....	13
1. Zařazení králíčího vlasu .....	13
2. Morfologie vláken ze srstí .....	13
2.1 Složení keratinového vlákna .....	14
2.2 Dělení vláken ze srstí .....	15
3. Chemické složení vláken ze srstí .....	16
4. Vlastnosti keratinových vláken.....	18
4.1 Geometrické vlastnosti.....	18
4.2 Mechanické vlastnosti.....	19
4.3 Chemické vlastnosti .....	20
4.4 Povrchové vlastnosti .....	20
4.5 Další vlastnosti.....	21
5. Porovnání keratinových vláken .....	22
6. Způsob získávání .....	23
7. Využití vláken ze srstí.....	24
8. Srst angorského králíka.....	25
9. Plstění zvířecích srstí .....	26
9.1 Historie a zařazení operace plstění.....	26
9.2 Vlákná se schopností plstění .....	26
9.3 Proces plstění .....	26
9.4 Rozdíl mezi plstěním a valchováním .....	27
9.5 Dělení plstí .....	27
9.6 Využití plstí.....	28
10. Vliv faktorů na proces plstění .....	28
10.1 Povrchová struktura a DFE .....	29
10.2 Jemnost a podíl dřeně.....	32
10.3 Obloučkovitost vláken .....	32
10.4 Délka vlasu.....	33

10.5	Podmínky plstícího procesu .....	33
11.	Příklady plstících a valchovacích strojů.....	35
12.	Tonak.....	37
12.1	Profil společnosti.....	37
12.2	Technologie výroby plstěných klobouků .....	38
12.3	Předúprava suroviny.....	39
12.4	Plstění polotovaru.....	39
12.5	Dohotovění výrobku.....	40
EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST.....		41
13.	Tradiční metoda hodnocení plstivosti .....	41
13.1	Princip metody .....	41
14.	Inovovaná metoda laboratorního plstění.....	42
14.1	Postup laboratorního plstění.....	43
14.2	Zjišťování optimální hodnotící metody.....	43
14.3	Hodnocení plstivosti bílé srsti .....	50
14.4	Stanovení optimální hodnotící metody .....	52
15.	Aplikace předúprav na králíčí chlupy .....	56
15.1	UV osvit .....	56
15.2	Enzymatická úprava.....	61
15.2.1	Postup a hodnocení enzymatické předúpravy .....	62
15.3	Působení pH prostředí na plstící schopnost vláken .....	66
15.4	Vliv teploty lázně na plstící schopnost vláken .....	67
16.	Vliv délky vlasu na plstící schopnost keratinových vláken .....	68
17.	Zhodnocení předúprav .....	70
Závěr .....		72
Seznam obrázků.....		73
Seznam tabulek .....		75
Použité zdroje .....		76

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ:

tab.	tabulka
č.	číslo
obr.	obrázek
tzv.	takzvaný
$\mu\text{m}$	mikrometr
%	procento
cN/tex	centinewton na tex
např.	například
HCl	kyselina chlorovodíková
mm	milimetr
kg	kilogram
g	gram
pH	vodíkový exponent
DFE	směrový třecí efekt
°C	stupeň Celsia
ml	mililitr
min.	minut
m*	hmotnost plstěnce po úpravě
n	počet zplstěných útvarů
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	kyselina sírová
$\rho$	hustota [g/cm <sup>3</sup> ]
m	hmotnost [g]
V	objem [cm <sup>3</sup> ]
DCSBD	difúzní koplanární povrchový bariérový výboj
W	watt
TiO <sub>2</sub>	oxid titaničitý
UV	ultrafialové
REM	rastrovací elektronová mikroskopie
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	uhličitan sodný

## ÚVOD

Nejen zvířecí kůže, ale i jejich srst byla využívána od počátku lidstva pro konstrukci oděvů, doplňků a obuvi. Využívány byly její přednosti, zejména termoizolační schopnost, hydrofobita vláken, příjemný omak či schopnost plstění.

I dnes má zvířecí srst široké využití a je považována za zdroj kvalitních luxusních vláken, mezi něž zařazujeme zejména kašmír, mohér, srst velbloudů, lam a králíků.

Králičí srst, která je předmětem práce, patří do skupiny přírodních živočišných keratinových vláken. Vyskytuje se v různých barevných variacích a vyznačuje se vysokou jemností či schopností plstít po aplikované předúpravě, čehož lze využít zejména v oděvním průmyslu pro konstrukci oděvů či doplňků a v technickém sektoru pro konstrukci plstí.

Jedna z nejznámějších králičích srstí, která je ceněna pro své užité charakteristiky, je srst angorského králíka, o které bude v práci taktéž pojednáno.

Keratinová vlákna, která zahrnují nejen srst, ale i vlnu ovčí, mají mnoho společného. Podobné jsou zejména jejich chemické složení a mechanické vlastnosti, naopak rozdíly jsou v morfologické struktuře, zahrnující například tvar šupinek, či podíl dřeně. Právě tyto rozdíly stojí za odlišnou plstící schopností jednotlivých keratinových vláken. Tato schopnost se odráží nejen od původu vlákna, ale i od využití technologie plstění. Některá vlákna jako je například ovčí vlna plstí dobře, jiným jako třeba králičí srsti, je zapotřebí plstící schopnost dodat například díky chemickým činidlům.

Plstění srstí bývá ve většině případů nežádoucí a často se využívají spíše metody neplstivé úpravy, kdy se povrch jednotlivých vláken naruší, aby bylo zamezeno tření. V našem případě je však plstění vyžadováno. Snahou je povrch vláken narušit tak, aby došlo k většímu tření, díky němuž se vlákna vzájemně propletou, čímž se vytvoří kompaktní hmota zvaná plst.

Pro hodnocení plstivosti se využívá komerčně známé metody z počátku 70. let, kterou je Aachenská metoda. V práci dochází k navržení nové metody, která je realizována na přístroji Ahiba.

Touto metodou lze hodnotit plstivost králíčí srsti, která byla mechanicky či chemicky předupravena. Výsledkem jsou zplstěné útvary, které jsou vzájemně porovnávány na základě jejich hustoty, počtu, velikosti či tvaru.

Co se týká aplikované předúpravy, je zjišťován zejména vliv enzymů, ale také jiné metody jakými je UV osvit, termické poškození či působení pH prostředí.

Je nutno podotknout, že se v práci nejedná o klasické valchování, kdy se povrch tkaniny či pleteniny zplstí, aby textilie získala požadované spotřebitelské vlastnosti. Nýbrž o plstění, kdy se působí na celý objem suroviny, ze které se vytváří kompaktní hmota s nahodile orientovanými vlákny.

I technologický proces při výrobě klobouků, který bude stručně popsán, není srovnatelný s výrobou klasických plstí.

# TEORETICKÁ ČÁST

## 1. Zařazení králíčího vlasu

Králíčí srst se získává z různých plemen králíků, mezi něž patří například plemeno králíka angorského, stříbřitého, belgického, českého a mnoho dalších. Srst získáváme též z divokých zajíců. Tato srst poskytuje velmi jemná vlákna, která zařazujeme do skupiny přírodních živočišných vláken [1].

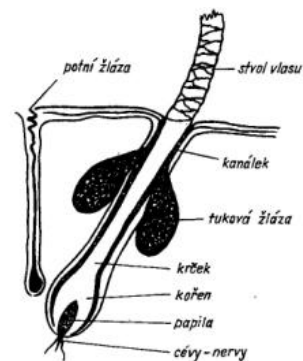
Jak vlna ovčí, tak i srsti zvířat obsahují keratin a mají podobnou strukturu a s ní spjaté vlastnosti. V následující tabulce 1 lze vidět rozdělení živočišných vláken.

Tab. 1 - Rozdělení živočišných vláken [2]

Přírodní živočišná vlákna		
keratinová		fibroinová
vlna ovčí	srsti zvířat	hedvábí
merinová nížinná anglická kříženecká	kašmír mohér kozí chlupy velbloudí srst srsti lam (alpaka, vikuña, guanako, lama krotká) <b>králíčí srst</b>	pravé plané pavoučí

## 2. Morfologie vláken ze srstí

Vlákno ze srsti, které lze vidět na obrázku č. 1, často zmiňováno také jako vlas nebo chlup, vyrůstá z vlasového váčku, který se nachází na kůži zvířete. Tento vlas je neustále zásoben tukem z tukových žláz. Kořen vlasu obsahuje i tzv. papily, do nichž vedou cévy a nervy. Tento kořen se zužuje v krček a proráží na povrch kůže, kde mění svou strukturu a rohovatí na keratin [3].



Obr. č. 1 - Schematický nákres kořene vlasu [3]

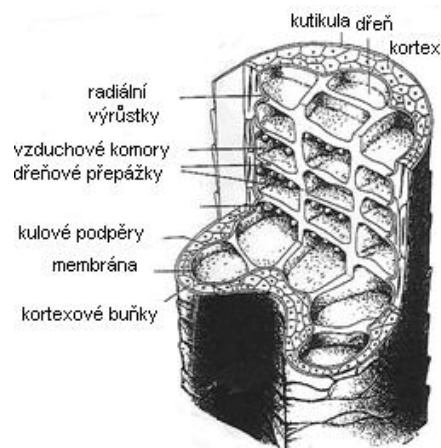
## 2.1 Složení keratinového vlákna

Keratinové vlákno se skládá ze tří hlavních částí, což lze vidět na uvedeném obrázku č. 2 - vlasu angorského králíka.

Těmito částmi jsou:

- kutikula (pokožka)
- kortex (kůra)
- medula (dřeň)

Kutikula, která zahrnuje epikutikulu, exokutikulu a endokutikulu, je průhledná vrchní vrstva vlasu a je tvořena šupinkami.



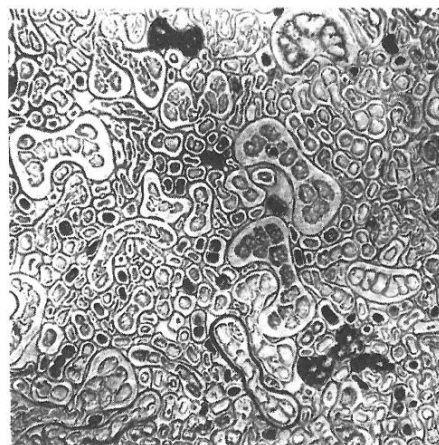
Obr. č. 2 - Složení králíčího vlasu [4]

Její tloušťka je 0,3 – 0,4  $\mu\text{m}$  a tvoří přibližně 10 % hmotnosti vlákna. Přestože výrazně nepřispívá k pevnosti vlákna, je zodpovědná za charakteristické vlastnosti srsti a má vliv na plstění, způsobené vzájemným třením vláken.

Mezi pokožkou a kůrou je membrána, kterou tvoří charakteristické buňky, a její tloušťka je kolem 0,3  $\mu\text{m}$ .

Většina obsahu keratinových vláken (až 90 %) je tvořena kortexem, skládajícím se z vřetenovitých kortikálních buněk spojených matrixem. Tato část vlasu je nositelem mechanických vlastností, jakými je pevnost, tažnost či pružnost a obsahuje barevné pigmenty, které jsou zodpovědné za zbarvení vlasu.

Dřeň tvoří vnitřní část vlasu a vyskytuje se jen u některých keratinových vláken. Většinou těch, které mají průměr vlasu větší jak 10  $\mu\text{m}$ . Naopak u jemnějších často zcela chybí. Králíčí vlas je výjimkou a jak podsada, tak pesíky obsahují dřeň, v níž se vyskytují vzduchové komory, které jsou odděleny přepážkami. Právě podle těchto vzduchových komor je králíčí vlákno identifikovatelné pod mikroskopem, neboť tato přerušovaná tkáň je tmavší než kůra, a tvoří jakési ostrůvky, což lze vidět z uvedeného obrázku č. 3 - příčného pohledu na králíčí vlákna.



Obr. č. 3 - Příčný pohled na králíčí vlákna [5]

Ostatní srsti mají tuto komoru většinou jednu, a to buď souvislou, nebo přerušovanou, a říká se jí dřevový kanálek, který je uprostřed a může vyplňovat až 90 % plochy průřezu pesíkového vlákna [2,3,4,6].

## 2.2 Dělení vláken ze srstí

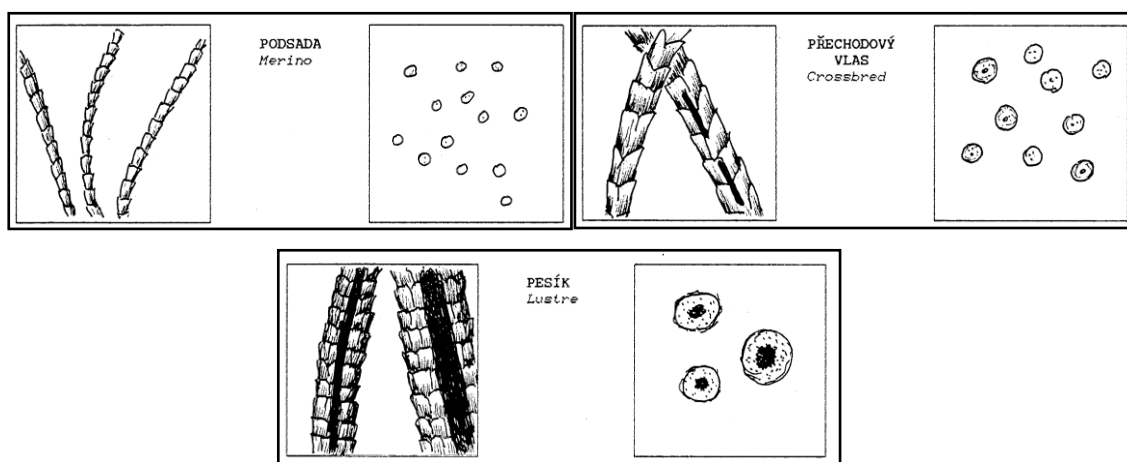
Chlupy, které vyrůstají z kůže zvířete, nebývají stejné kvality. Závisí jednak na původu zvířete, o jaký druh se jedná, a také na tom, kde se na zvířecí srsti nachází a v jakém období se získávají. Dle toho je dělíme do třech skupin:

**pesíkový chlup** – tvoří nejsvrchnější pokryv těla zvířete. Jedná se o rovný, tvrdý chlup, který chrání před okolními vlivy a v srsti je nejméně zastoupen.

**krycí chlup** – měkký, mírně zvlněný u kořene, směrem ke špičce je rovný. Oproti chlupům podsadovým je delší a je méně zastoupen. Na jeden krycí chlup připadá kolem 30 - 40 podsadových chlupů.

**podsadový chlup** – krátký, jemný a zvlněný, na srsti má četné zastoupení. Tyto chlupy plní funkci tepelně izolační. U angorských králíků se vyskytuje převážně tato část srsti [1,2].

Častým degeneračním jevem projevujícím se u domácích králíků je angorismus. Dochází při něm k chmýřnatění a rozmnožování podsadových chlupů za současného zjemňování, prodlužování a řidnutí pesíkových chlupů [2].



Obr. č. 4 - Podélné a příčné nákresy keratinových vláken [2]



Vlákna podsadová jsou nejjemnější, zatímco pesíková nejhrubší, což se odráží i v plstí schopnosti. Vlákna jemná s malým průměrem plstí lépe a naopak. Oproti tomu výhodou vláken s větším průměrem je jejich pevnost, což je vhodné pro další zpracování [2,4].

### 3. Chemické složení vláken ze srstí

Chemickou podstatou všech živočišných vláken ze srstí je keratin, což je skleroprotein tvořen složitou makromolekulární látkou. Rozdíl oproti ostatním vláknům, která jsou tvořena makromolekulami z jedné, dvou či tří látek, je v tom, že keratin je složen nejméně z 18 různých aminokyselin, jejichž seznam lze vidět v tabulce 2. Kromě toho, lze vyčíst i procentuální zastoupení jednotlivých složek tvořících keratin u vlasu angorského králíka. Největší zastoupení má cystin, kyselina glutamová a arginin.

Tab. 2 - Seznam aminokyselin tvořících králičí vlas [4]

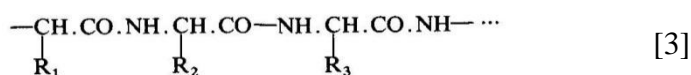
general formula of aminoacid	$\text{HOO}-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}-\text{R}$	formula of the residue R	angora aminoacid content [%]
cystine	$-\text{CH}_2-\text{S}-\text{S}-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{NH}_2)-\text{COOH}$		14,96
glutamic acid	$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$		13,56
arginine	$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}-\underset{\text{NH}}{\underset{\text{  }}{\text{C}}}-\text{NH}_2$		10,33
serine	$-\text{CH}_2\text{OH}$		7,62
leucine	$-\text{CH}_2-\text{CH}-(\text{CH}_3)_2$		7,46
proline	$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}_2 \\   \quad   \\ \text{HOOC}-\text{CH} \quad \text{CH}_2 \\   \quad   \\ \text{N} \quad \text{H} \end{array}$		6,97
aspartic acid	$-\text{CH}_2-\text{COOH}$		5,89
threonine	$-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}_3$		4,85
glycine	$-\text{H}$		4,79
lysine	$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_2$		4,59
tyrosine	$-\text{CH}_2-\text{C}_6\text{H}_4-\text{OH}$		3,78
valine	$-\text{CH}-(\text{CH}_3)_2$		3,50
phenylalanine	$-\text{CH}_2-\text{C}_6\text{H}_5$		3,08
alanine	$-\text{CH}_3$		3,01
isoleucine	$-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CH}_2-\text{CH}_3$		2,71
histidine	$-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}-\text{N}=\text{CH}}{\underset{\text{  }}{\text{C}}}-\text{NH}-\text{CH}$		2,65
citrulline	$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NHCONH}_2$		0,27
methionine	$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{S}-\text{CH}_3$		0,00

Jak lze vidět, aminokyseliny, jež tvoří keratinová vlákna, jsou tvořeny uhlíkem, vodíkem, kyslíkem, dusíkem a sírou [3].

Znázornění obecného vzorce aminokyselin, kde R je alifatický, aromatický nebo heterocyklický zbytek. Tyto  $\alpha$  aminokyseliny se vzájemně váží za odštěpení vody.

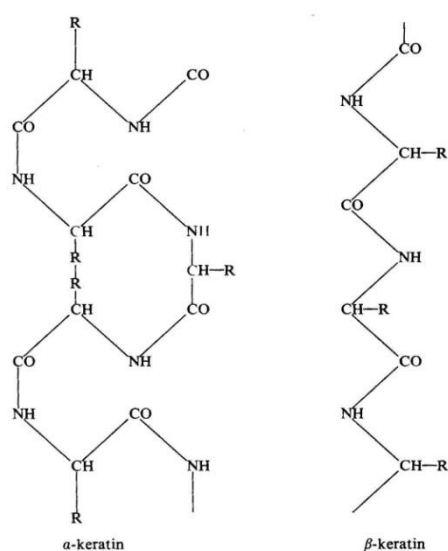


Opakováním reakce s jinými aminokyselinami vzniká makromolekula keratinu, jehož hlavní řetězec tvoří polypeptidické vazby ( $\text{R}_1, \text{R}_2, \text{R}_3$  jsou vedlejší řetězce).



Podle uspořádání polypeptidického řetězce dělíme  $\alpha$ -keratin, tvořící prostorovou spirálu, a  $\beta$ -keratin, který vzniká 120% průtahem  $\alpha$ -keratinu [3,6].

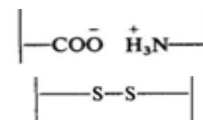
Jejich uspořádání lze vidět na obrázku č. 5.



Molekuly jsou v makromolekule keratinu šroubovitě uspořádány. Od těchto dvou struktur keratinu se odvíjí mechanické vlastnosti.

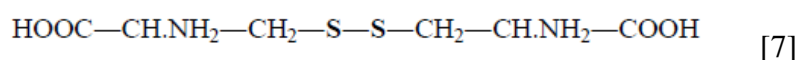
Mezi makromolekulami keratinu jsou příčné vazby, a to:

- vazby vodíkovými můstky
- iontové vazby
- kovalentní vazby [3]



Obr. č. 5 - Struktura  $\alpha$ -keratinu a  $\beta$ -keratinu [3]

Molekula cystinu, která má ze všech aminokyselin tvořících králíčí vlas největší procentuální zastoupení, je zodpovědná za propojování sousedních polypeptidických řetězců příčnou disulfidickou vazbou, při němž se tvoří cystinové můstky.



Tyto vazby nejvíce ovlivňují chování keratinových vláken a jsou zodpovědné za jejich tvarovou stálost. Místa, kde se vyskytují tyto vazby, jsou nejvíce reaktivní a například vlivem vroucí vody či nasycené páry dochází k jejich štěpení [7].

Rozložení aminokyselin není ve vláknech rovnoměrné. Aminokyselina obsahující síru, jako je cystin, je výrazněji zastoupena v šupinkovité vrstvě. Zatímco tyrosin, jenž má díky –OH skupině afinitu k molekulám vody, zde chybí a je obsažen ve vnitřní vrstvě pod šupinkami. Liší se též zastoupení aminokyselin ve špičce a kořeni vlasu.

Je také nutno podotknout, že surová srst neobsahuje pouze vlákna, jejichž podíl je průměrně 60 – 80 %, ale i 15-20 % nečistot, kolem 12 % vlhkosti a 4-5 % tuku [3,6,7].

## **4. Vlastnosti keratinových vláken**

### **4.1 Geometrické vlastnosti**

#### **4.1.1 Délka**

Délka keratinových vláken je předurčena konkrétním druhem zvířete. Jedny z nejdelších vláken poskytuje koza angorská, velbloud či srst lam, což lze vidět v tabulce 3. Délka podsadových chlupů bývá většinou kratší než délka pesíků. Rovněž závisí na stáří zvířete a na četnosti získávání vláken z jejich srsti [2].

#### **4.1.2 Jemnost**

Jemnost keratinových vláken je různá, obdobně podle toho, zda se jedná o podsadové či pesíkové vlákno. Vlákna podsadová bývají většinou jemnější. Jedny z nejjemnějších vláken poskytuje srst angorského králíka, kde se hodnoty tloušťky pohybují průměrně kolem 12,7  $\mu\text{m}$ . Většina keratinových vláken má tloušťku podsadových vláken 15 – 25  $\mu\text{m}$ , zatímco hodnoty tloušťky pesíků se pohybují průměrně kolem 50  $\mu\text{m}$ .

Pro snazší orientaci byla pro vlnu vyvinuta Americká klasifikační stupnice, která třídí vlnu od nejjemnější s hodnotami tloušťky vláken pod 17,7  $\mu\text{m}$  až po nejhrubší s tloušťkou nad 40,2  $\mu\text{m}$  [2,4].

#### **4.1.3 Tvar příčného řezu**

Tvar příčného řezu není rovněž jednotný pro všechna keratinová vlákna. Základní keratinové vlákno, jakým je vlna ovčí, má tvar příčného řezu kulovitý či elipsovitý. Králíčí srst má obrys vláken tvořící písmena H, V a Y, čehož si lze všimnout z obrázků č. 3 a 6 [4,5].



*Obr. č. 6 - Tvary příčných řezů králíčích vláken [5]*

## 4.2 Mechanické vlastnosti

### 4.2.1 Pevnost a modul

Pevnost keratinových vláken není výrazná a spíše patří mezi jednu z nevýhod. Obecně se u těchto vláken pohybuje v rozmezí 10-20 cN/tex za sucha a za mokra se snižuje o 20-30 %. Při zvýšené teplotě rovněž klesá. U králíčích vláken se uvádí hodnota 20 cN/tex za sucha. Keratinové vlákno vykazuje anizotropii díky své fibrilární struktuře složené z makrofibril a mikrofibril. Modul ve směru mikrofibril je 100 násobně vyšší, než ve směru kolmém k těmto mikrofibrilám [4,6].

### 4.2.2 Tažnost a pružnost

Naopak hodnota tažnosti těchto vláken je poměrně vysoká, a to 20-40 %, a se stoupající teplotou a vlhkostí vláken se ještě zvyšuje až na 50 %. Králíčí vlas lze protáhnout průměrně o 38 % původní délky.

Pružnost vlákna je závislá na podílu dřeně ve vlákně. Pokud je její podíl ve vlákně výrazný, vlas bude křehký v důsledku menšího podílu síry a naopak, pokud její podíl je nevýrazný, vlákno bude pružné [3,4,6].

### 4.2.3 Zotavovací schopnost a superkontrakce

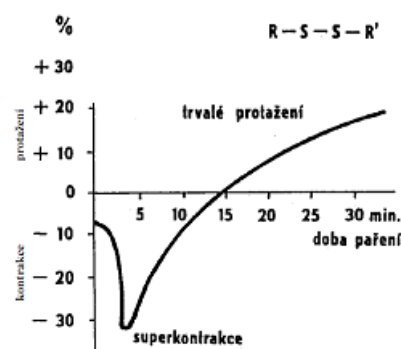
Keratinová vlákna mají při suchém protažení do 30 % původní délky přirozenou zotavovací schopnost. Nad tuto hranici, nebo při mokrému napínání však zůstává trvalé protažení, způsobené přechodem  $\alpha$ -keratinu na  $\beta$ -keratin.

Z obrázku č. 7 lze vyčíst, že při působení vlhkého tepla na keratinové vlákno po krátkou dobu, dochází k tzv. superkontrakci. To znamená, že se toto vlákno po uvolnění napětí smrští, někdy až o 30 % oproti původní délce.

Při delším působení na mírně napnutá vlákna, nebo pokud působí na vlákno horká voda nebo pára,

keratinové vlákno uplatňuje schopnost být plastické

a po uvolnění se nesmrští, nýbrž zůstane trvale protaženo [3,7].



Obr. č. 7 - Závislost doby paření na kontrakci a protažení[7]

### 4.3 Chemické vlastnosti

Oproti vlně, která je poměrně odolná vůči působení kyselin, jsou vlákna z jiných srstí často citlivější vůči kyselinám a alkáliím.

Některé silné kyseliny, jako např. chlorovodíková, však sorbují do vlákna a napadají polypeptidické vazby keratinu, které následně hydrolyzují. Při varu ve 20% HCl se vlna zcela hydrolyticky rozkládá na aminokyseliny.

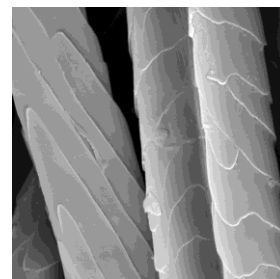
Keratinová vlákna jsou však citlivá na působení alkálií (alkalické hydroxidy a soli), které neutralizují volné karboxylové kyseliny a také napadají příčné vazby, čímž rozrušují aminokyseliny.

Vlna a ostatní vlákna ze srstí degradují i působením koncentrovaných roztoků oxidačních činidel. Redukční činidla taktéž nepůsobí příznivě a štěpí disulfidickou vazbu [3,6].

### 4.4 Povrchové vlastnosti

#### 4.4.1 Šupinkovitý povrch

Všechna keratinová vlákna mají na svém povrchu charakteristické zploštělé překrývající se šupinky (obr. č. 8), jejichž volné okraje směřují ke špičce vlasu. Tento povrch je charakteristický pouze pro keratinová živočišná vlákna, čímž je lze pod mikroskopem odlišit od ostatních druhů vláken, které tento povrch nevykazují.



*Obr. č. 8 - Šupinkovitý povrch králičího vlasu*

Tvar a četnost jsou závislé nejen na původu vlákna, ale hraje zde také roli, v jaké poloze se šupinka vyskytuje, zda u kořene vlákna nebo na koncích, neboť vlákno se od kořene ke špičce zužuje a šupinek ubývá.

Špičky vlasu vykazují zvýšenou plstivost, neboť mají často vlivem okolních podmínek narušenou strukturu šupin.

Šupinky na povrchu králičích vláken jsou uspořádány tak, že tvoří tvary písmena V, jak je zřetelné z obrázku č. 8, a plní ochrannou funkci, čímž brání průniku cizích látek do nitra vlákna.

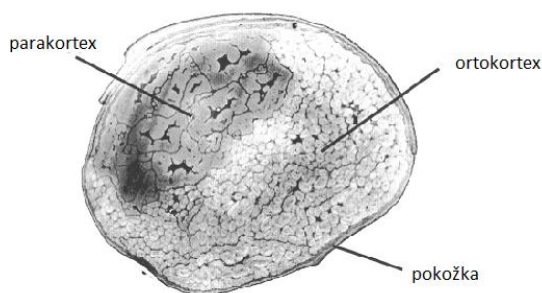
Právě šupinkový povrch pohybujících se vláken je primárně zodpovědný za plstící vlastnosti těchto vláken. Vzájemné tření vláken může probíhat ve směru uložení šupinek nebo proti směru, kdy je větší [3,4,5,6].

#### 4.4.2 Lesk

Od povrchových vlastností a původu vlákna se také odvíjí lesk vlákna. Vlákná hodně zkadeřená a jemná budou méně lesklá než vlákna méně zkadeřená, hrubší a s velkými šupinkami [3].

#### 4.4.3 Kadeřavost vláken

Kadeřavost vláken, nejvíce vnímaná u vlny ovčí, je způsobena bilaterální strukturou kůry vlákna (obr. č. 9). Kortex je dvojího druhu, a to ortokortex a parakortex. Tyto složky mají však rozdílné sorpční vlastnosti, různou srážlivost, což se odráží v obtáčení vlasu ve šroubovici, a to tak, že ortokortex je vždy vně, neboť je snadněji formovatelný.



Počet obloučků se liší v závislosti na jemnosti. Jemná vlna má až 12 obloučků na cm, zatímco málo zkadeřená pouze 2-5 obloučků na cm [3,6].

Obr. č. 9 - Složky kortexu [6]

Rozdílná srážlivost složek kortexu je zodpovědná za již zmíněnou superkontrakci, k níž dochází i vlivem plstění a valchování srstí [6].

#### 4.5 Další vlastnosti

Keratinová vlákna mají velmi dobrou tepelně izolační schopnost, čehož se využívá jak v oděvním, tak i nábytkářském sektoru. Schopnost izolace je způsobena díky vzduchovým komorám uvnitř dřeně, které je možné vidět na obrázku č. 10. Nejvyšších hodnot tepelné izolace dosahují vlákna získaná z velbloudů.

Keratinová vlákna mají vysokou hodnotu vlhkostní přirážky, která se pohybuje u vlny v rozmezí 15-18,5 % [2,3].



Obr. č. 10 - Vzduchové komory králíčího vlasu [6]

## 5. Porovnání keratinových vláken

Tab. 3 - Rozměry a vlastnosti vláken ze srsti [2,3,6,8,9]

Srst	Délka vlákna [ mm] po 1. roce		Průměr vlákna [μm]		Vlastnosti vláken
	pod sada	pesík	pod sada	pesík	
Kašmír (koza kašmírá)	35 – 100	80 – 160	12 – 24	60 – 90	bílá, našedlá nebo nahnědlá barva; méně šupinek oproti vlně; dřevný kanálek
Mohér (koza angorská)	80 – 250		12 – 45		kvalitní vlákno je téměř bez dřev; oproti vlně šupinky větší a těsněji přiléhající – lesk+neplstivost; pružnost, odolnost, nižší hořlavost oproti vlně
Velbloudí	30 – 160	až 200	12 – 25	50 – 100	světle žlutá nebo hnědá barva; dřevný kanálek; hnědý pigment; pružné, dobře plstící vlákno
Králičí a zaječí	20 – 70		9 – 20		pružnost, lesk; dřevný kanálek u podsady i pesíků; jemná podsada, delší pesíky
Lama	60 – 120	100– 250	20 – 35	70 – 150	nahnědlá barva srsti, spodní část rouna bílá; dřevný kanálek u pesíků
Alpaka (Huacayo, Suri)	30 – 160	až 550	12 – 30	40 – 80	dřevný kanálek u pesíků; plstí více než vlna
Vikuňa	30 – 40		12 – 15		bílé až hnědá zbarvení; krátké, jemné, velmi lesklé a drahé vlákno
Kozí chlupy	50	40 – 100	14 – 26	nad 80	pod sada málo zastoupená

Keratinová vlákna mají obdobné chemické složení jako vlna, ale liší se od vlny i mezi sebou vzájemně morfologickou strukturou, zejména tvarem a četností šupinek či podílem dřeně, na níž závisí mechanické a zpracovatelské vlastnosti [5].

## 6. Způsob získávání

Vlákna se získávají většinou stříháním, jako je tomu u ovčí vlny, mohéru či srsti lam. Vlákna některých zvířat se též vyčesávají v době línání, jako třeba kašmír a chlupy angorského králíka. Pro velbloudí srst je charakteristické ruční sbírání těchto vláken v době línání. Srst se získává obvykle 1-2x ročně podle toho, jak rychle dorůstá.

U angorského králíka se stříhá až 4x do roka. Roční produkci srsti lze zjistit z tab. 4 [2].

*Tab. 4 - Produkce vláken ze srsti [8]*

druh srsti	produkce/rok
Kašmír	100 – 160 g
Mohér	2 – 10 kg
Velbloudí srst	3,5 - 5 kg
Králičí srst	420 - 820 g
Lama	2 – 5 kg
Alpaka	3 – 5 kg
Vikuňa	200 g



## **7. Využití vláken ze srstí**

Keratinová vlákna bývají spřádána samostatně nebo častěji, pokud se jedná o velmi jemná vlákna, v kombinaci s jinými vlákny přírodními nebo syntetickými pro zvýšení odolnosti a zlepšení zpracování.

Vzhledem k tomu, že tato vlákna považujeme za luxusní přírodní vlákna, jejich cena je rovněž vysoká.

Vlákna ze srstí nachází využití jak v oděvním, bytovém tak i technickém sektoru. V oděvnictví lze tato vlákna využít pro oblekové textilie, šatovky či doplňky. V bytovém sektoru se vyskytují v podobě potahových, dekoračních tkanin, přikrývek a podlahových krytin. V technickém sektoru lze vlákna využít pro výrobu plstí či suken.

Kašmír se využívá pro výrobu jemných šátků, šál a šatovek. Mohér se nachází v česaných přízích jemných dekoračních tkanin, čalouněných výrobků či koberců. Velbloudí srst se uplatňuje při výrobě svrchních plášťů a kabátů, lehkých teplých přikrývek, jemných šatovek a přízí. Králíčí srst se využívá na plstěné klobouky či pletací příze. Vlákna lam a alpak se uplatňují do pletařských přízí na výrobu sportovních svetrů či lehkých obleků. Kozí chlupy se využívají do kobercových přízí a rustikálních výrobků.

Kromě těchto zmíněných srstí lze využít i srst jiných zvířat, často chovaných pro kožešinu, jakými jsou norek, bobr, liška, činčila, ondatra, mýval, jak či pižmo [2,3,8].

## 8. Srst angorského králíka

Mezi srstí získávanou jako surovina pro textilní průmysl je velmi rozšířená srst z angorského králíka, která poskytuje jedny z nejjemnějších přírodních živočišných vláken. Tato srst pochází z králíků chovaných především ve Francii, Itálii, Japonsku či USA.



Chov angorských králíků na našem území se datuje od roku 1875.

*Obr. č. 11 - Angora bílá červenooká [10]*

Ideální hmotnost tohoto středního plemene je 3,5 – 5 kg. Nejrozšířenějším plemenem je Angora bílá červenooká, ale lze se setkat i s barevnými angorami. Mezi další plemena angorských králíků patří anglický, francouzský, saténový či obří.

Srst se střídá nebo kartáčuje v rozmezí 2,5 - 3,5 měsíce s ohledem na kvalitu srsti jednotlivých zvířat. Období, kdy se tato srst získává, se nazývá, obdobím plné vlny. Mláďata se zastříhují nejdříve ve stáří 2,5 měsíce. Z jednoho králíka lze ročně získat kolem 200 - 400 g většinou čistě bílé srsti, z toho 50 - 100 g vysoce kvalitní podsady.

Jemnost těchto vláken se pohybuje v rozmezí 8-15  $\mu\text{m}$ . Vlákná jsou bez pigmentu a vyznačují se nejen jemností, ale i hebkostí, hřejivostí a leskem.

I tato srst se často směsuje s jinými surovinami, jakými je vlna, bavlna, či některá syntetická vlákna za účelem získání vyšší pevnosti a odolnosti vůči opotřebení. Využití nachází při výrobě textilií velurového charakteru [4,10].

## **9. Plstění zvířecích srstí**

### **9.1 Historie a zařazení operace plstění**

Zpracování ovčí vlny či jiných vhodných zvířecích srstí plstěním je pravděpodobně nejstarším doloženým způsobem výroby textilních plošných útvarů. Plstění probíhalo původně za působení vlhkosti, teploty, tlaku, pohybu, a poté i za přítomnosti chemikálií. Vytvořené plsti původně sloužily jako doplňky, přikrývky či ke stavbám obydlí. Využití plstí na našem území je dokládáno dosud jediným nálezem plsti z Velké Moravy z hrobu ve Starém Městě. Dnes se plsti využívají na výrobu oděvních či bytových textilií.

Plsti mohou být buď z jednoho druhu vláken, či směsové s jinými neplstivými vlákny rostlinnými či syntetickými.

Plsti patří spolu s vpichovanými textiliemi a proplety ke skupině netkaných textilií, jejichž vlákenná vrstva byla mechanicky zpevněna [11,12,13].

### **9.2 Vlákná se schopností plstění**

Ne všechna živočišná vlákna ze srstí mají plstící schopnost. V největší míře se této technologie využívá při zpracování vlny ovčí, dále u dlouhých chlupů lam či velbloudů. Jiným zvířecím vláknům, jako například králičí srsti, je zapotřebí plstící schopnosti napomoci, a to díky chemickým úpravám [13].

### **9.3 Proces plstění**

Plstění je proces, kdy na volně uložená vlákna v rounu působí teplo, vlhkost a opakované mechanické namáhání. Tato vlákna, díky své hydrofobní povaze povrchu, začínají vodné prostředí odpuzovat a vzájemně se proplétat, až se z nich vytvoří pevná soudržná vrstva, takzvaná plst. Tato nevratná struktura drží při sobě díky tření. Plst je kvalitnější a lepší z vláken jemných, pružných a kudrnatých, než z vláken hladkých. Jemnost a pružnost vláken se odráží v hustotě a pevnosti vyrobené plsti.

Během plstění a valchování dochází ke vzájemnému provazování svislých řetězců vlny dalšímu příčnými vazbami – tzv. můstky, které mohou být solné, cystinové a vodíkové.

Schopnost plstění je ve většině případů nežádoucí, neboť znemožňuje zpracování suroviny a užívání výrobku, a je snahou plstivost potlačit.

Pro některé účely je však tato schopnost žádoucí, čehož se využívá např. v kloboučnictví, při výrobě plstěných klobouků, a v soukenictví při výrobě sukna [13].

#### **9.4 Rozdíl mezi plstěním a valchováním**

Cílem valchování je mechanicky zpracovat vlněnou, či polovlněnou tkaninu nebo pleteninu za účelem zpevnění, zhutnění a zestejnoměrnění povrchu výrobku. Povrch tkaniny či pleteniny získá větší hladkost, měkkost a plnost omaku.

Zatímco plstěním se formuje celá surovina, která je jako vstupní surovina ve formě rouna, valchováním se zplstí pouze povrch tkaniny či pleteniny, aby bylo dosaženo požadovaných spotřebitelských vlastností.

Proto na valchování má zásadní vliv struktura plošné textilie, která má být zplstěna, a druh příze. Pokud je příze ostře kroucená a česaná, plstí se hůře než příze s méně zákruty.

Plstění a valchování mohou napomoci i chemikálie, které můžou být podle stupně pH zásadité, kyselé či neutrální. Podle toho rozdělujeme i valchování v alkalickém, kyselém či neutrálním prostředí. Valchování v alkalickém prostředí při pH 9-10 probíhá působením sody či mýdla a užívá se spíše k povrchovému zplstění. Kyselá valcha je naproti tomu okyselena kyselinou sírovou, octovou nebo mravenčí na pH nižší než 5 a využívá se k plstění do hloubky. V našem případě při výrobě klobouků [7,13,14].

#### **9.5 Dělení plstí**

Plsti dělíme dle typu výroby na:

- plsti vpichované jehlou
- valchované plsti
- plsti vyrobené z tkaniny, valchováním nebo plstěním přízí ze srstí
  - jednostranné – tkanina z jedné strany zplstěná
  - dvoustranné - oboustranně zplstěná tkanina

Další kritérium může být i dle suroviny, využitě pro výrobu plsti:

- vlna
- jiný druh srsti (králík, velbloud)
- směs vlny a jiných srstí či jejich směs s neplstíci vlákny [4]

## 9.6 Využití plstí

Plsti mají široký rozsah aplikací. Lze je využít k oděvním účelům pro tradiční kostýmy, klobouky, zdobící prvky jako náhrady kůže. Dále k dekoračním a jiným účelům, jako podlahové krytiny či podklady pod ně. Jako technické plsti mají nejširší zastoupení a lze je využít například jako plstěné kotouče, tlumící prvky absorbující otřesy, či k těsnění [4].

## 10. Vliv faktorů na proces plstění

Každé živočišné vlákno je specifické svou morfologickou strukturou, od které se odráží jeho plstící schopnost. V posledních třech desetiletích bylo učiněno několik výzkumů na plstivost v závislosti na předúpravě vlněných vláken.

Princip plstění s sebou nese značné nejasnosti a je vysvětlován několika teoriemi. Plstění není způsobeno jen jedním faktorem, ale je to souhra několika faktorů, jejichž vliv bude následně podrobněji popsán.

Na plstivost mají vliv:

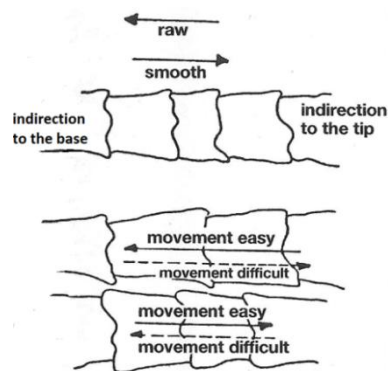
1. Primární faktory – mající zásadní vliv - povrchová struktura, tření.
2. Sekundární faktory – jemnost, délka, kadeřavost, podíl tuku.
3. Vnější faktory – které představují podmínky během plstění či valchování - pH, vlhkost, teplota, pomocná činidla [4].

Dalšími faktory je pružnost, která vyplívá z podílu dřene, tažnost a bobtnavost, která má vliv na rychlost sorpce a působení chemikálií.

Jedna z teorií tvrdí, že zbobtnáním, kdy dochází k narušení příčných vazeb, se stanou vlákna tažnější a lépe po sobě kloužou. Opakovaným mechanickým namáháním dochází k periodickému natahování vláken, které se po sobě vzájemně začnou posunovat, a to tím směrem, kterým je to snazší, tedy ve směru kořene vláken. Pohybu v opačném směru zabraňují zejména šupinky. Horní konce vláken, díky své menší tloušťce se zasmyčkují s dalšími vlákny. Při přerušení působení tlaku mají vlákna vlivem pružnosti snahu zaujmout výchozí polohu, ale jsou bráněny zaklesnutím šupinek s ostatními vlákny [4,11,15].

## 10.1 Povrchová struktura a DFE

Společným faktorem majícím zásadní vliv na plstivost je směrový třecí efekt DFE (Directional frictional effect), s nímž souvisí šupinkovitá struktura vlákna. Šupinky se vzájemně překrývají tak, že jejich volné konce vyčnívají ven a směrem ke špičce vlákna. Okraje šupinek tvoří charakteristický zoubkovitý vzhled. Vláknem se vlivem tlaku může přemísťovat mezi sousedními vlákny většinou ve směru jeho kořene, kdy je pohyb pro něj snazší, což



Obr. č. 12 - Znáznornění DFE [4]

lze vidět na obrázku č. 12, a tak se vytváří uzavřená kompaktní hmota [15].

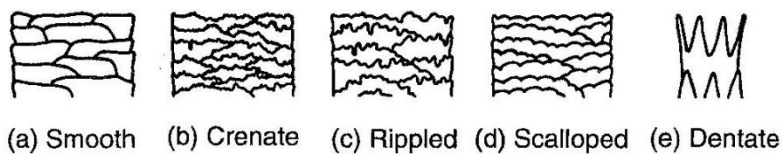
Velikost DFE lze spočítat ze vztahu:

$$DFE = \frac{\mu_1 - \mu_2}{\mu_1 + \mu_2} \quad [16]$$

$\mu_1, \mu_2$  .....koeficienty tření odpovídající pohybu ke špičce vlákna a pohybu ke kořeni vlákna [16]

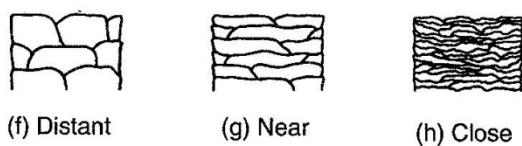
Šupinky keratinových vláken jsou ploché, nepravidelné, mají různý tvar a velikost, což lze zjistit z následujících obrázků č. 13 - 15 dělení povrchových šupinek dle Brunnera a Comana:

- Tvar okraje



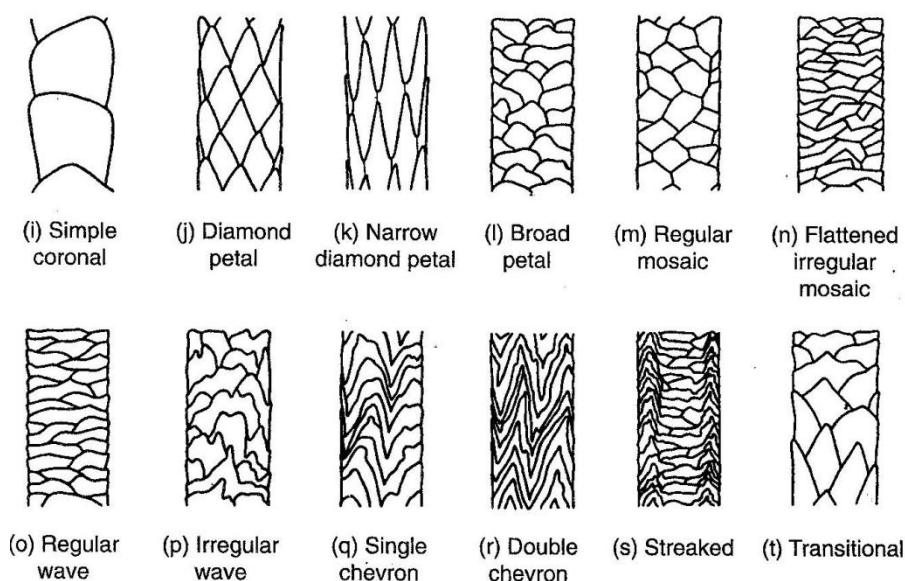
Obr. č. 13 - Tvar okrajů šupinek [5]

- Vzdálenost mezi okraji šupinek



Obr. č. 14 - Vzdálenost mezi okraji šupinek [5]

- Tvar šupinek

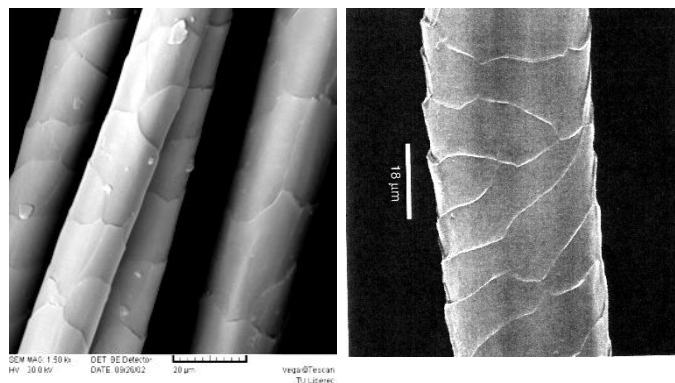


Obr. č. 15 - Tvar šupinek [5]

Tvar šupinek souvisí úzce nejen s původem vlákna, ale i s průměrem vlasu. Počet a tvar šupinek mají rozhodující vliv na kvalitu výsledného plstěného zboží. Za rozdílnou velikostí vyčnívajících šupinek stojí vzájemné překrývání těchto šupinek. Čím více se překrývají, tím menší jsou plochy jednotlivých šupinek na povrchu. Na kvalitě výsledných plstí se odráží množství viditelných šupinek, jejichž počet se mění podle konkrétního plemene, z něhož srst pochází.

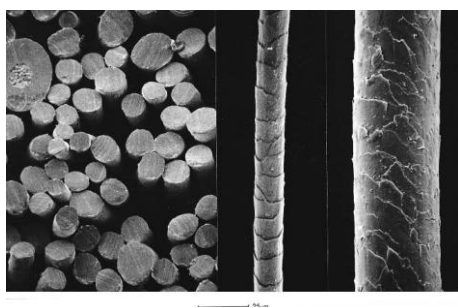
Například vlna merino má velmi dobře definované a vyčnívající šupinky, což se projevuje ve větší plstící schopnosti. Oproti mohérové vlně, která má šupinky nepřiliš výrazné, a jejichž okraje jsou uzavřeny do vlákna. Ne vždy je tak výrazný vztah mezi šupinkovitým povrchem a plstící schopnost, jako je tomu v tomto případě.

Na následujících obrázcích č. 16 a 17 je vidět rozdíl mezi příčnými a podélnými pohledy na keratinová vlákna. Na obrázku mohérového vlákna je vidět nižší počet šupinek (5-6 na 100  $\mu\text{m}$ ) oproti ostatním keratinovým vláknům, z čehož vyplývá fakt, že mohérová vlna plstí méně nebo vůbec [3,15].

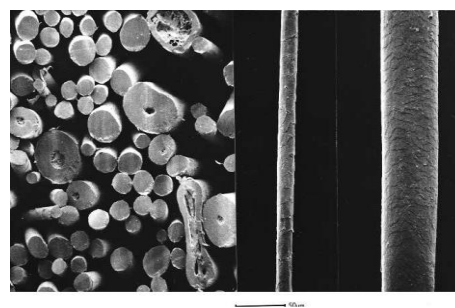


*Obr. č. 16,17 - Šupinky vlny Merino a Mohéru [2,5]*

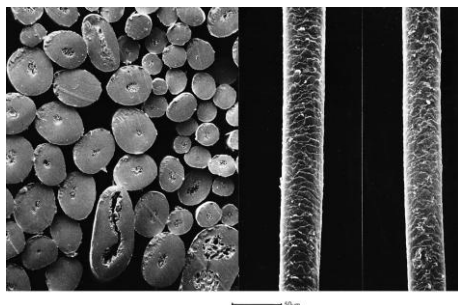
### 10.1.1 Podélné a příčné pohledy na další keratinová vlákna



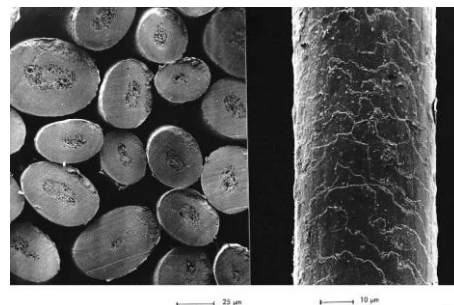
*Obr. č. 18 - Kašmír [8]*



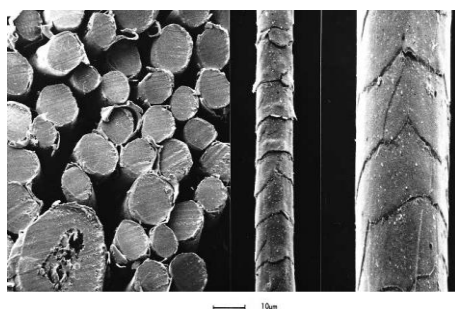
*Obr. č. 19 - Velbloudí vlákno [8]*



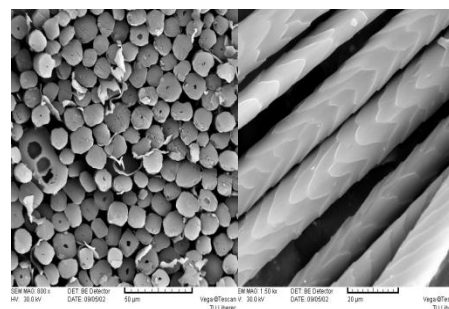
*Obr. č. 20 - Alpaka [8]*



*Obr. č. 21 - Lama [8]*



*Obr. č. 22 - Vikuňa [8]*



*Obr. č. 23 - Králičí srst [8]*

Z uvedených obrázků je patrný šupinkovitý povrch jednotlivých keratinových vláken. Zejména si lze povšimnout rozdílu mezi frekvencí a tvarem šupinek.

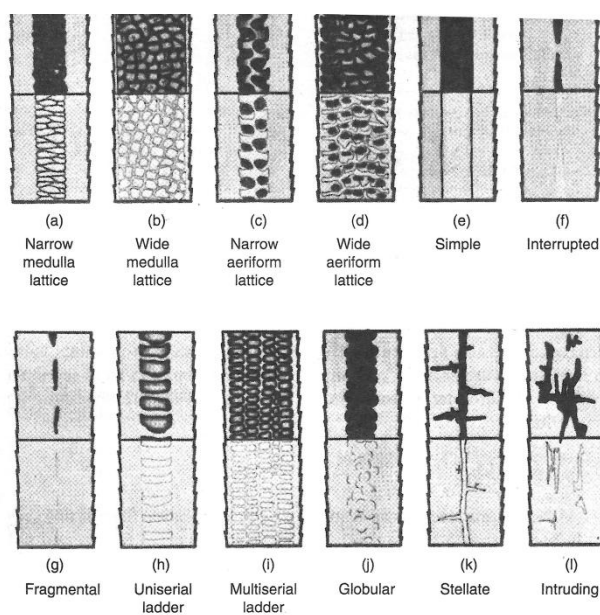


Například vlákna ze srsti alpaky oproti vlně vykazují vysokou tendenci k plstění, která je způsobena velkým počtem krátkých šupinek (9 a více na 100  $\mu\text{m}$ ). Naopak vlákna z kozy kašmírské jsou krátká, šupinky jsou dlouhé a jejich okraje výrazně nevyčnívají, což stojí za nižší tendencí plstít oproti vlně [17].

## 10.2 Jemnost a podíl dřene

Jemnost a množství dřene ovlivňují taktéž výrazně plstící schopnost. Jemnost je dána tloušťkou jednotlivých vláken a je měřena v mikronech.

Bylo zjištěno, že plemeno ovce Chokla s průměrem vláken 26,5 mikronů a 47% podílem dřene bude mít lepší plstící schopnosti než plemeno Malpura s průměrem 41,4 mikronů a 79% podílem dřene. Vlákná s vysokým podílem dřene výrazně ovlivňují plstivost vláken a výsledné vlastnosti plsti. S růstem podílu dřene ve vláknech, které tvoří plst, vzrůstá tloušťka plsti a snižuje se její pevnost.



Obr. č. 24 - Typy dřene [5]

Králík má dřeně, která odpovídá příkladům h) a i) obrázku č. 24 [5,15].

## 10.3 Obloučkovitost vláken

Obloučkovitost je vnímána především u vláken ovcí a taktéž má vliv na plstivost. Je způsobena značnými rozdíly ve skladbě a struktuře vnitřní kůry a vnější šupinkovité vrstvy vláken. Každá z těchto vrstev má rozdílnou odolnost a proto dochází ze zkadeření. Čím větší je obloučkovitost, tím silnější je tendence vláken získat své počátečního zvlnění, které se během procesu plstění pozměnilo. Což přirozeně proces plstění urychluje a navíc je větší možnost vzájemného propletení vysoce zkadeřených vláken. Obloučkovitost je dána četností obloučků na jednotku délky [15].

#### **10.4 Délka vlasu**

Rovněž délka vlasu hraje důležitou roli v procesu plstění. Při plstění za stejných podmínek nastane větší smrštění u delších vláken. Smrštění natažených vláken vzrůstá s rostoucí délkou vláken, a to vede k lepšímu plstění.

Proto například vlákna ze srsti velbloudů, jež jsou dlouhá a pružná, lépe plstí. Zatímco vlákna ze srsti kašmírské kozy, která jsou krátká, plstí méně [15,17].

#### **10.5 Podmínky plstícího procesu**

Plstící schopnost závisí nejen na vlastním charakteru vlasu, ale také na podmínkách plstícího procesu. Byl zjišťován následující vliv změn podmínek na plstící schopnost vlněných vláken. Králíčí vlákna mají s vlněnými vlákny mnoho společného, přesto je jejich plstící schopnost odlišná, což je dáno jiným procentuálním zastoupením jednotlivých složek keratinu, odlišným tvarem šupinek či jinými rozměry těchto vláken.

##### **10.5.1 Vliv pH**

Stupeň pH má výrazný vliv na plstivost keratinových vláken, neboť ovlivňuje velikost DFE, který má zásadní vliv na tuto schopnost. Míra zplstění vzrůstá s kyselostí či zásaditostí lázně. Na plstící schopnost má výrazný vliv kyselé prostředí, zatímco alkalické prostředí má vliv až po dosažení kritické hodnoty pH. Bylo stanoveno, že plstivost vlny je nejvýraznější při hodnotě pH 10. Zatímco v kyselém prostředí, míra plstění začíná vzrůstat při pH 4 a vzrůstá se snižujícím se pH. Bylo taktéž zjištěno, že plstění vlny v kyselém prostředí nemá vliv na kvalitu výsledného produktu a nepoškozuje ho, což je velkou předností. Šupinkovitá struktura vlny vzrůstá se snižováním pH pod 4, zatímco nad pH 9 plstivost začíná vzrůstat až do hodnoty pH 11, poté opět klesá [15].

S poklesem pH lázně se snižuje množství iontových vazeb, což má za následek bobtnání a prodlužování vláken. Vazby vodíkové a cystinové jsou naopak stálé. Protein je nejvíce mechanicky a chemicky stabilní při pH 4,9. Tento stav se označuje jako ionizovaný [7].

Ve vodném prostředí při vyšším stupni pH dochází k tomu, že pozitivně nabitý povrch vlněného vlákna a vodní lázeň se vzájemně odpuzují a vlákna se uzavírají do kompaktní struktury, čímž se vytváří plst. Naopak negativně nabitý povrch vláken ve vodné lázni při vyšším pH nevykazuje žádnou tendenci k plstění.

Je to způsobeno opačným nábojem mezi vláknem a vodným prostředím. Vláknem se obalí filmem, což způsobí vzájemnou separaci vláken [4].

### **10.5.2 Vliv teploty**

Míra plstění u vlny se zvyšuje s růstem teploty a při 46°C až 49°C je nejvyšší. Avšak s dalším nárůstem teploty se plstící schopnost zvyšuje již nevýrazně. V případě vodného prostředí plstivost vzrůstá až do 100°C.

Jinou studií bylo zjištěno, že plstění je maximální při 50°C v mýdlovém roztoku. Teplota při procesu je též závislá na pH prostředí a mechanickém působení plstícího stroje.

Bylo též uvedeno, že plstící schopnost vlněných vláken je extrémně citlivá na změnu teploty až do 40°C. Při vyšší teplotě, vzrůst míry plstění je všeobecně malý, což může to být dáno tím, že dojde k rapidnímu poklesu DFE, jenž může v podstatě omezit proces [15].

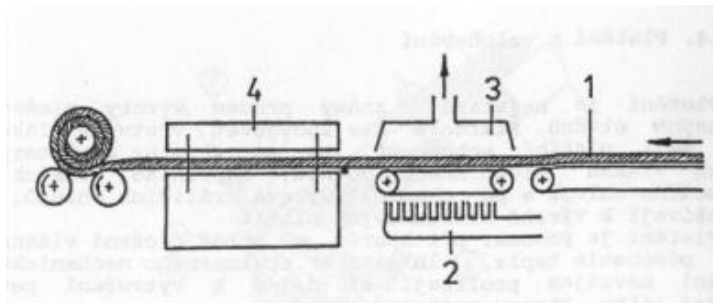
### **10.5.3 Pomocné přípravky**

K plstění je vhodné užít mýdlo, neboť je účinnějším prostředkem než alkálie. Je aplikováno z roztoku, aby zajistilo vyšší sražení během plstění. Díky lubrikaci vláken dojde k snazším přemístěním těchto vláken. Výhodné je užít kationaktivní detergenty, které jsou silněji absorbovány vlákněným povrchem skrze solné můstky, poddajnému hydrofobnímu a v podstatě nenabitému povrchu. I ionogenní detergenty ovlivňují smrštění vlny během plstění. Jestliže vlákna mají vysoce vyvinutou a hrubou šupinkovitou vrstvu, jejich pevnost je snižována prostřednictvím oxidačních přípravků, za účelem dosažení lepšího vztahu mezi odolností šupinkovité vrstvy a kortexu. Následkem úpravy je, že vlákna mají sklon se vlnit, což zlepšuje jejich schopnost plstění.

Plstivost vlny může být výrazně ovlivněna teplem. Teplo způsobí větší elasticitu a plastičnost mokřích vláken, čímž se tato vlákna budou moci snadněji a lépe přemísťovat, což je zkroutí a zaplete vzájemně do sebe. Teplo, v kombinaci s kyselým či alkalickým prostředím, také způsobí zvětšení tloušťky vláken. Díky rozšíření průměru vláken dojde k vytvoření více mezivlákněných kontaktů a vzroste mezivlákněné tření [15].

## 11. Příklady plstících a valchovacích strojů:

Základní princip těchto strojů spočívá v působení tlaku a tření na materiál, který chceme plstít. Na obrázku č. 25 je znázorněn základní princip plstícího zařízení.

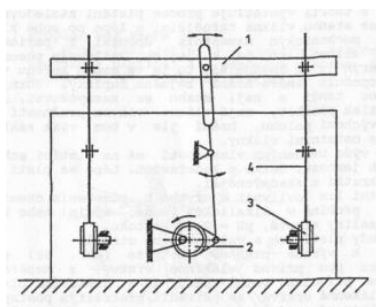


- 1 - přívádění vláknenné vrstvy;
- 2 - přívod páry;
- 3 - odsávání páry;
- 4 - plstící deska

Obr. č. 25 - Příklad plstícího zařízení [13]

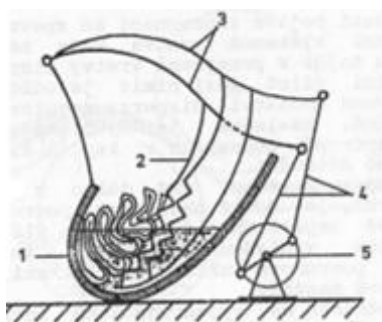
Linka určená k výrobě plstěné metráže obsahuje dopravník pro přívod vláknenné vrstvy, napařovací zařízení s přívodem vodní páry a deskový plstící stroj.

Přetržitým způsobem je přivedena vláknenná vrstva po úsecích délkou odpovídajících délce napařovacího a plstícího stroje. Dojde k napaření vrstvy, která poté vstoupí mezi desky plstícího stroje. Horní deska stroje se přesune do pracovní polohy, jež je nastavitelná na určitou vzdálenost od spodní desky. Pohonné ústrojí horní desky, jež je znázorněno na obrázku č. 26, se vratně pohybuje jedním nebo dvěma směry, přičemž mechanicky působí na vláknennou vrstvu, kterou zplstí [13].



- 1 - plstící deska;
- 2 - excentr pro podélný pohon desky;
- 3 - excentr pro příčný pohon desky;
- 4 - pohonná deska

Obr. č. 26 - Pohonné ústrojí horní plstící desky [13]

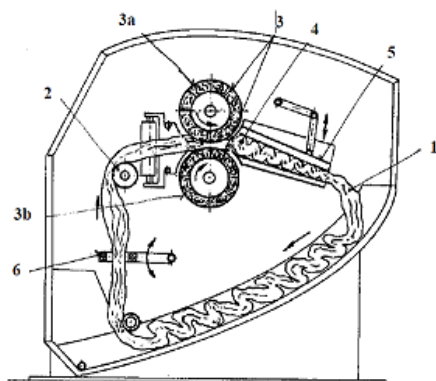


- 1 - vana;
- 2 - kladiva;
- 3,4,5 - pohonný mechanismus kladiv

Obr. č. 27 - Kladivová valcha [13]

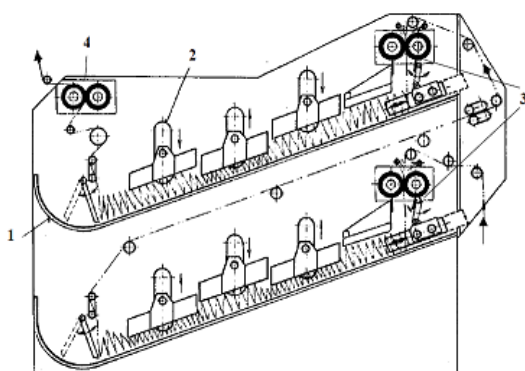
Kladivová valcha se užívá pro přetržitý postup valchování a lze ji vidět na obrázku č. 27. Kromě kladivových valch existují i valchy válcové, které se dále dělí na klasické, tandemové, několikaruletové, speciální a další [13,14].

Na válcové valše (obr. č. 28) se valchují tkaniny ve formě provazce. Naopak šířková valcha slouží ke kontinuálnímu zplstňování směsových tkanin v plné šíři.



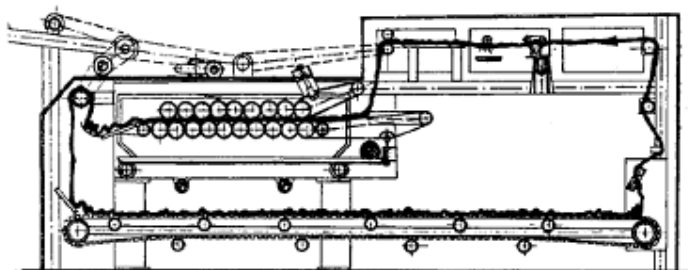
- 1 - provazec, hadice;
- 2 - vodicí válečky;
- 3 - valchovací válece;
- 3a - ruleta; 3b - tambur;
- 4 - přechovací kanál;
- 5 - přitlačná deska;
- 6 - zarážka

Obr. č. 28 - Válcová valcha [7]



- 1 - šikmý skluz;
- 2 - plošná kladiva;
- 3 - přechovací zařízení;
- 4 - tažné válce

Obr. č. 29 - Valchovací stroj Stomper fy Hemmer [7]



Stroj na obrázku č. 30 se užívá pro zplstňování netkaných roun [7].

Obr. č. 30 - Válečkový zplstňovací stroj fy Krafft Göbel [7]

## 12. Tonak

### 12.1 Profil společnosti

Tato akciová společnost se sídlem v Novém Jičíně je jednou z největších a nejvýznamnějších světových společností zabývajících se výrobou pokrývek hlavy.



Obr. č. 31 - Logo firmy [18]

Závod má provozovnu v Novém Jičíně, kde se vyrábí plstěné pokrývky hlavy, a ve Strakoniciích, kde se vyrábí pletené pokrývky hlavy a doplňky. Celý závod má kolem 300 zaměstnanců a týdně je v něm vyrobeno přes deset tisíc polotovarů, či hotových klobouků. Poměr polotovarů je vzhledem k hotovým kloboukům 80:20.

V závodě v Novém Jičíně jsou vyráběny, pod značkou Tonak, plstěné polotovary a klobouky z ovčí vlny a králíčních či zaječích srstí. Část závodu ve Strakoniciích, známá do nedávné doby jako Fezko, byla v roce 2001 odkoupena firmou Tonak a.s. a nyní se zde vyrábí pletené pokrývky hlavy, jako barety, fezy, šumpy, či zimní čepice a nesou značku Fezco Quality. Také se zde vyrábí příze. Na výrobu pletených pokrývek se využívá především bavlněná a vlněná přírodní surovina, která je zpracována na moderních strojích.

Firma Tonak a.s. vychází z více než dvoustleté tradice a klade důraz na kvalitu svých výrobků, které poté zákazník může zakoupit ve více než 50 zemích světa. Technologie výroby je velmi náročná, neboť vyžaduje nejen kvalitní materiál, ale zahrnuje také několik desítek operací a dokonalou řemeslnou ruční práci [18].

#### Historie kloboučnické výroby

- 1630 - byly městskou radou potvrzeny artikuly kloboučnického cechu,
- 1799 - zakládá Jan Nepomuk Hückel kloboučnickou manufakturu v Novém Jičíně,

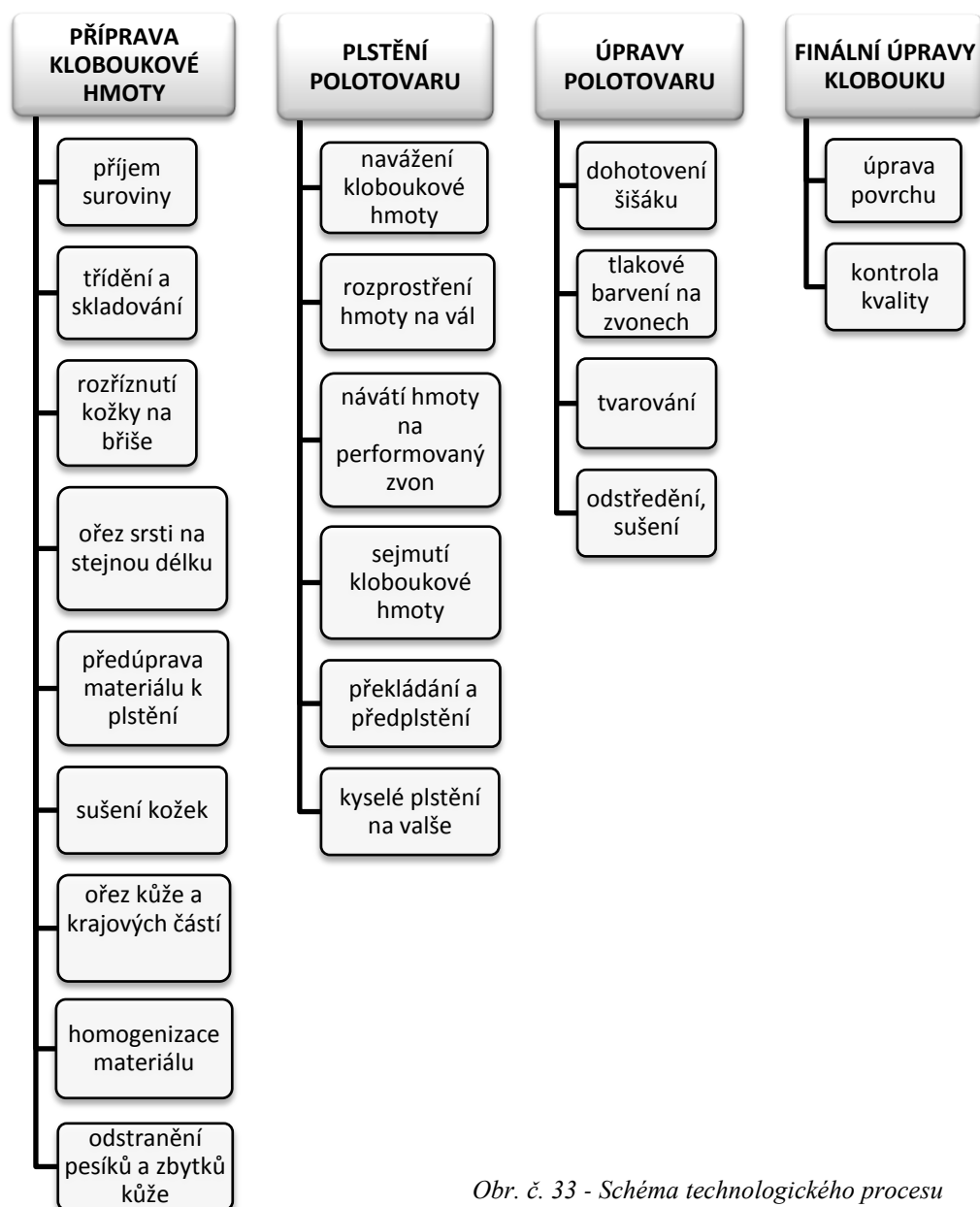


Obr. č. 32 - Továrna v Novém Jičíně [18]

- 1812 - bratři Fürthovi zakládají firmu a zahajují výrobu pletených fezů a čepic ve Strakoniciích,
- 1865 - Hückel se stává zakladatelem mechanizované tovární výroby srstěných klobouků,
- 1867 - vybudování velké továrny s moderním technickým zařízením v Novém Jičíně,

- 1.1.1869 - novojičinský podnik přebírá obchodní společnost Hückel a synové,
- znárodněním podniku vzniká národní podnik Tonak,
- 1873 - roční produkce fezů ze Strakonice byla 1,2 milionu kusů,
- 1899 - vzniká Akciová společnost rakouských továren na fezy se sídlem ve Vídni,
- 1918 - přesun sídla Akciové společnosti z Vídně do Strakonice,
- 2001 - Tonak kupuje divizi pokrývek hlavy od Fezka a stává se jedním z největších světových výrobců uceleného sortimentu pokrývek hlavy [18].

## 12.2 Technologie výroby plstěných klobouků



Obr. č. 33 - Schéma technologického procesu

Technologie výroby plstěného klobouku je velmi náročná, o čemž vypovídá několik desítek operací, kterými musí projít vstupní materiál, aby se z něj stal finální výrobek. Celý proces můžeme rozdělit do čtyř hlavních kategorií – příprava kloboukové hmoty, plstění polotovaru, úprava polotovaru a úprava finálního výrobku.

V práci je podrobněji představena stávající technologie předúpravy srsti, kterou má zájem firma Tonak nahradit, a poté proces plstění, který je využit.

### 12.3 Předúprava suroviny

Stávající technologie předúpravy srsti je nezbytnou operací, která umožňuje následné zpracování, v němž se využívá schopnosti plstění. Tato operace spočívá v moření suroviny v kyselé lázni, které zapříčiní narušení povrchových šupinek, jež se stanou následně přístupnější k vzájemnému zaklesávání do sebe, což způsobí následné zplstění materiálu. Mořením se však naruší pouze horní část vlasu, a tudíž ta bude poté plstít, zatímco část neopatřená lázní bude v klobouku volně ležet nezafixovaná, což u zákazníka vyvolá dojem o pravosti materiálu.

Nevýhodou moření je však jeho ekologická zátěž a také to, že kyselé prostředí silně znehodnocuje strojové vybavení nutné pro tuto operaci. I následná operace sušení je velmi nevýhodná z hlediska energetické náročnosti. Proto firma Tonak začala spolupracovat s Technickou univerzitou v Liberci, aby tuto část technologie nahradila jinou výhodnější operací.

### 12.4 Plstění polotovaru

Tato operace pracuje již s připravenou, očištěnou, homogenizovanou srstí, kterou dopraví vál do komory plástího stroje, kterou je možné vidět na obrázku č. 34. V této komoře působí podtlak, díky němuž dojde k rovnoměrnému navátí hmoty na performovaný rotující zvon. Poté dojde ke skrápění horkou vodou, aby materiál zůstal soudržný. Touto operací se vytváří plást, který je základem pro konečný výrobek.



Obr. č. 34 - Performovaný zvon [19]



Následuje ruční několikanásobné překládání plástu, díky němuž dochází k zhutnění a zmenšení. Materiál je předplstěn na valchovacích strojích, které lze vidět na obr. č. 35.



Obr. č. 35 - Valchovací stroj [19]



Obr. č. 36 - Ruční překládání plástu [19]

Poslední operací této části je kyselé valchové plstění při zvýšené teplotě (obr. č. 37-39). Působením tepla a tlaku na přeložený materiál dochází k plstění a zmenšování polotovaru až o 85 %.



Obr. č. 37,38,39 – Valchovací stroj [19]

## 12.5 Dohotovení výrobku

Následují kontroly rozměrů klobouků, barvení a tvarování klobouků. Až 80 % klobouků se dostane ven ve formě polotovaru, na zbylých 20 % je aplikována úprava povrchu, která může být hladká, velurová, zámišová či speciální velurová. Klobouk se opatří doplňky, jako zdobícím či potním páskem nebo podšívkou. Poslední operací je kontrola kvality klobouku. Kontroluje se každý zvlášť. Předmětem kontroly je výsledná hmotnost, kvalita plstění či jiné viditelné chyby.

Pokud se klobouk vytváří plstěním vlny, dochází nejprve k čištění výčesků, poté k tvorbě rouna a plástů na mykoplásticím stroji. Surovina je předplstěna parou, tlakem a pohybem. Další proces je shodný s klobouky srstěnými : valchování, tužení, barvení, povrchové úpravy [19].

## EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Část experimentální se zabývá návrhem vhodné metodiky laboratorního plstění, které vyplývá z Aachenské metody - tradiční metody pro hodnocení plstivosti. Druhá část práce představuje aplikaci různých předúprav na králíčí srst, jejichž hodnocení je provedeno novou navrženou metodou.

### 13. Tradiční metoda hodnocení plstivosti

Aachenská metoda hodnocení plstivosti je 50 let stará technika, která se využívá ke stanovení plstící schopnosti vlněných a srstěných vláken. Již název napovídá o tom, že tato metoda byla vyvinuta v německém výzkumném institutu v Cáchách. V současných výzkumech dochází často k úpravám podmínek zkoušky, ale základní princip, který bude následně popsán, zůstává stejný.

#### 13.1 Princip metody

Princip metody spočívá ve smočení 1 gramu suroviny, ve formě rouna, v 50 ml lázni. Lázeň obsahuje 1 % smáčecího přípravku (např. Solpon 4488) a 5 ocelových kuliček, pro zlepšení účinku. Tato lázeň se přelije do definované ocelové patrony o objemu 150 ml a utěsní se šroubem. Následně se patrona vloží do přístroje (obr. č. 40), který koná pohyb ve třech směrech a na surovinu uvnitř mechanicky působí po definovanou

dobu. Poté se lázeň odčerpá a výsledný útvar, většinou koule, se po usušení měří obvykle v 9 směrech. Čím menší je plstěný útvar, tím větší má hustotu a tím více surovina plstí a naopak [17, 20].



Obr. č. 40 - Zařízení pro Aachenskou plstící metodu [20]

Parametry patrony: Průměr: 51,9 mm

Výška: 71,1 mm

Váha:  $450 \pm 25$  g

Plstivost se hodnotí podle rozměrů plstěných kuliček. K hrubému měření se užívá deska s otvory (obr. č. 41) v rozmezích 2- 3 cm, otvory se zvětšují po 0,5 mm. K přesnému měření se využívá mikrometr (obr. č. 42), který provádí měření s přesností 0,01 mm a měří rozsah 0 – 25 mm a 25 –50 mm [20].



Obr. č. 41, 42 - Zařízení pro měření plstěných kuliček [20]

#### 14. Inovovaná metoda laboratorního plstění

K experimentu je využito laboratorní barvicí zařízení Ahiba, do něhož lze vložit zároveň 15 ocelových patron, které konají rotační pohyb, což lze vidět na obrázku č. 43. U přístroje lze nastavit dobu experimentu, teplotní gradient, teplotu ohřevu lázně či počet otáček.



Obr. č. 43,44 - Ahiba [21]

Parametry patrony: Průměr: 45 mm

Výška: 131mm

Váha: 475 g

### 14.1 Postup laboratorního plstění

Firma Tonak poskytla k účelům experimentu upravenou a neupravenou králičí srst ve formě rouna, jehož vzorek lze vidět na obrázku č. 45. Upravená srst byla nejprve na kůžce namořena kyselou lázní, poté z ní seříznuta, což je podrobněji popsáno v teoretické části práce.



*Obr. č. 45 - Rouno králičí srsti*

Rouno suroviny je naváženo, rozvolněno a poté vloženo do ocelové patrony, v níž je již připravena lázeň.

Surovina je pomocí skleněné tyčinky ponořena a smočena v lázni o nastaveném pH. Zde je nutné podotknout, že upravená srst na rozdíl od neupravené se smáčela rychleji a lépe, což je způsobeno narušením povrchové vrstvy vlasu. Ocelová patrona je utěsněna a vložena do přístroje, na jehož panelu jsou nastaveny podmínky experimentu. Po spuštění přístroje dochází k ohřevu na příslušnou nastavenou teplotu a poté dochází k odpočtu doby působení. Po skončení rotačního pohybu jsou patrony vyjmuty a surovina opláchnuta studenou destilovanou vodou. Při laboratorní teplotě 23 - 24 °C je sušena po dobu minimálně 24 hodin. Poté je plstěnek, útvar obtížně rozvláknitelný, zvážen, změřen a je vypočtena jeho hustota na základě příslušných rozměrů. Výsledky jsou zaznamenány do tabulek a zpracovány do grafů.

### 14.2 Zjišťování optimální hodnotící metody

Experiment zkoumá vliv změn podmínek na plstivost suroviny uvnitř patrony. Cílem je najít optimální hodnotící metodu, díky níž bude možno predikovat plstivost suroviny před procesem výroby plstěných produktů. K experimentu je využito:

- změny hmotnosti vložené suroviny (0,5 – 2 gramy),
- změny počtu otáček (10 a 50 otáček/minutu),
- změny objemu lázně (50 – 150 ml),
- změny doby rotačního působení (30 – 75 minut),
- změny pH lázně (2,5 – 8),
- změny teploty lázně (50°C a 90°C).

### 14.2.1 Aplikace Aachenské metody

První zkouška spočívá i v aplikaci Aachenské metody s využitím přístroje Ahiba. Je testována jak upravená srst (mořením kyselou lázní), tak srst neupravená.

Podmínky metody:  $1 \pm 0,005$  g suroviny ve formě rouna







75 minut rotačního působení v Ahibě

50 otáček

50 ml smáčecí lázně (1 % smáčedlo Alfonal)

45 °C teplota ohřevu lázně

**Tab. 5 - Rozdíl mezi plstěnci po aplikaci Aachenské metody**

vzorek č.	1	2	3
typ srsti			
upravená srst	 $m^* = 1,038$ g $n = 1$ elipsoid	 $m^* = 1,000$ g $n = 1$ elipsoid	 $m^* = 1,037$ g $n = 1$ elipsoid
neupravená srst	 $m^* = 0,969$ g $n = 1$ nedefinován tvar	 $m^* = 0,953$ g $n = 1$ nedefinován tvar	 $m^* = 0,987$ g $n = 1$ nedefinován tvar

$m^*$  = hmotnost plstěnce po úpravě ;  $n$  = počet zplstěných útvarů

Z obrázků je patrné, že jsou rozdíly mezi plstící schopností upravené a neupravené srsti. Nicméně útvary, které vznikají, jsou obtížně definovatelné. Dle Aachenské metody by měly být výsledným útvarem koule.

Jelikož jsou u přístroje Ahiba jiné rozměry patrony, v níž dochází k plstění suroviny, a tato patrona koná jiný pohyb, vznikajícími útvary nejsou koule, ale elipsoidy a jiné obtížně definované útvary.

Proto jsou provedeny další metody, aby bylo dosaženo jednoznačně definovaných tvarů, u nichž bude možné stanovit jejich objem a hustotu.

#### **14.2.2 Zjištění optimální doby testu**

Tento test spočívá v zjišťování optimální doby působení na surovinu uvnitř patrony. Surovina je podrobena zkouškám nejprve po dobu 30 minut, poté po dobu 60 minut. Je zjištěno, že pro zplstění suroviny stačí 30 minut.

Rozdíly mezi 30 a 60 minutovým působením jsou zanedbatelné, jak lze zjistit z uvedených údajů a obrázků. Proto je zvolena pro další zkoušky 30 minutová doba působení, která stačí pro predikci plstivosti suroviny.

Podmínky testu, kterým je zjišťováno, jak materiál předupraven mořením kyselou lázní, plstí v laboratorních podmínkách na přístroji Ahiba:

0,5; 1; 1,5;  $2 \pm 0,005$  g suroviny ve formě rouna

30 a 60 minut rotačního působení v Ahibě (od bodu zahřátí na 90°C)

50 otáček










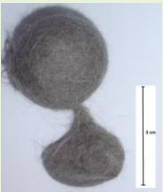

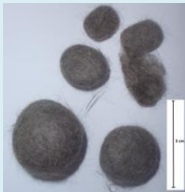


100 ml H<sub>2</sub>O

pH 5 (upraveno 96% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)

K tomuto testu jsou využity vzorky o gramáži 0,5; 1; 1,5 a 2 gramy. Od každé gramáže je učiněna jedna až dvě zkoušky, aby bylo možné porovnat výsledné plstěnce.



**Tab. 6 - Rozdíl mezi plstěnci v závislosti na době rotačního působení**

hmotnost vzorku	0,5 g	1 g	1 g	1,5 g	1,5 g	2 g	2 g
dobu působení							
30 min	 <p><math>m^* = 0,422 \text{ g}</math> <math>n = 3</math> elipsoidy, sferoidy</p>	 <p><math>m^* = 0,889 \text{ g}</math> <math>n = 7</math> elipsoidy, sferoidy</p>	 <p><math>m^* = 0,896 \text{ g}</math> <math>n = 1</math> elipsoid</p>	 <p><math>m^* = 1,359 \text{ g}</math> <math>n = 2</math> elipsoid, sferoid</p>	 <p><math>m^* = 1,355 \text{ g}</math> <math>n = 2</math> koule, elipsoid</p>	 <p><math>m^* = 1,854 \text{ g}</math> <math>n = 2</math> koule</p>	 <p><math>m^* = 1,857 \text{ g}</math> <math>n = 2</math> elipsoidy</p>
60 min	 <p><math>m^* = 0,458 \text{ g}</math> <math>n = 3</math> elipsoidy, sferoidy</p>	 <p><math>m^* = 0,911 \text{ g}</math> <math>n = 4</math> koule, sferoidy, elipsoidy</p>	 <p><math>m^* = 0,848 \text{ g}</math> <math>n = 2</math> koule, sferoid</p>	 <p><math>m^* = 1,359 \text{ g}</math> <math>n = 1</math> elipsoid</p>	 <p><math>m^* = 1,380 \text{ g}</math> <math>n = 5</math> koule, elipsoidy, sferoidy</p>	 <p><math>m^* = 1,837 \text{ g}</math> <math>n = 2</math> elipsoid, sferoid</p>	 <p><math>m^* = 1,852 \text{ g}</math> <math>n = 2</math> koule, elipsoid</p>

$m^*$  = hmotnost plstěnce po úpravě ;  $n$  = počet zplstěných útvarů

### 14.2.3 Zjištění optimálního počtu otáček

Jsou provedeny zkoušky při 10 a 50 otáčkách. Je zjištěno, že při 10 otáčkách nedochází k tak výraznému zplstění jako u 50 otáček.

Podmínky testu, kterým je zjišťováno, jak materiál, předupraven mořením kyselou lázní, plstí v laboratorních podmínkách na přístroji Ahiba:

0,5; 1; 1,5; 2 ± 0,005 g suroviny ve formě rouna

30 minut rotačního působení v Ahibě (od bodu zahřátí na 90°C)

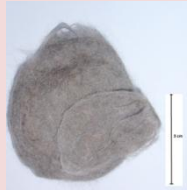







10 a 50 otáček

100 ml H<sub>2</sub>O

pH 5 (upraveno 96% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)

Z výsledků je patrné, že počet otáček 10, je příliš malý na to, aby se ze suroviny stala kompaktní soudržná hmota definována určitým tvarem, jako je tomu v případě 50 otáček. Je však zřejmé, jak se surovina začíná formovat do finálních tvarů.

**Tab. 7 - Rozdíl mezi plstěnci v závislosti na počtu otáček**

hmotnost vzorku	0,5 g	1 g	1,5 g	2 g
počet otáček				
10	 $m^* = 0,427 \text{ g}$ $n = 1$ nedefinován tvar	 $m^* = 0,916 \text{ g}$ $n = 3$ nedefinován tvar	 $m^* = 1,380 \text{ g}$ $n = 1$ nedefinován tvar	 $m^* = 1,862 \text{ g}$ $n = 2$ nedefinován tvar
50	 $m^* = 0,422 \text{ g}$ $n = 3$ elipsoid, sferoidy	 $m^* = 0,896 \text{ g}$ $n = 1$ elipsoid	 $m^* = 1,355 \text{ g}$ $n = 2$ koule, sferoid	 $m^* = 1,854 \text{ g}$ $n = 2$ koule

$m^*$  = hmotnost plstěnce po úpravě ;  $n$  = počet zplstěných útvarů



#### 14.2.4 Zjištění optimálního objemu lázně

Z důvodu lepší vzájemné porovnatelnosti plstěnců jsou pro následující experiment využity 2g vzorky. Jsou testovány jak upravené (mořením kyselou lázní), tak i neupravené vzorky.

Vzhledem k objemu patrony a množství suroviny jsou testovány objemy lázně o 50, 100 a 150 ml. V uvedené tabulce lze vidět rozdíl mezi jednotlivými plstěnci. Jako optimální množství je stanoveno 50 ml, neboť se surovina formuje většinou do tvaru válce, rotačního či komolého rotačního, jehož rozměry jsou pro upravenou a neupravenou srst výrazně rozdílné, a tak je možné hodnotit schopnost plstění.

Podmínky testu, kterým je zjišťováno, jak materiál, předupraven mořením kyselou lázní a materiál neupraven, plstí v laboratorních podmínkách na přístroji Ahiba:

2 g  $\pm$  0,005 g suroviny ve formě rouna
















30 minut rotačního působení v Ahibě (od bodu zahřátí na 90°C)

50 otáček

50, 100, 150 ml H<sub>2</sub>O

pH 5 (upraveno 96% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)

Tab. 8 - Rozdíl mezi plstěnci v závislosti na objemu lázně – pro *upravenou srst* a *neupravenou srst*

srst	upravená			neupravená		
objem lázně						
50 ml	 $m^* = 1,884 \text{ g}$ $n = 1$ válec	 $m^* = 1,880 \text{ g}$ $n = 1$ válec	 $m^* = 1,874 \text{ g}$ $n = 1$ válec	 $m^* = 1,904 \text{ g}$ $n = 1$ válec	 $m^* = 1,914 \text{ g}$ $n = 1$ válec	 $m^* = 1,869 \text{ g}$ $n = 1$ válec
100 ml	 $m^* = 1,842 \text{ g}$ $n = 1$ elipsoid	 $m^* = 1,893 \text{ g}$ $n = 3$ koule, sferoidy	 $m^* = 1,832 \text{ g}$ $n = 1$ elipsoid	 $m^* = 1,927 \text{ g}$ $n = 2$ elipsoidy	 $m^* = 1,852 \text{ g}$ $n = 2$ elipsoid, sferoid	 $m^* = 1,900 \text{ g}$ $n = 1$ válec
150 ml	 $m^* = 1,843 \text{ g}$ $n = 1$ elipsoid	 $m^* = 1,875 \text{ g}$ $n = 2$ elipsoid, sferoid		 $m^* = 1,878 \text{ g}$ $n = 3$ koule, elipsoidy	$m^* = \text{hmotnost plstěnce po úpravě}$ $n = \text{počet zplstěných útvarů}$	

### 14.3 Hodnocení plstivosti bílé srsti

Dva z testů jsou též aplikovány na bílou srst upravenou mořením kyselou lázní.

Podmínky metody:

1;  $2 \pm 0,005$  g suroviny ve formě rouna



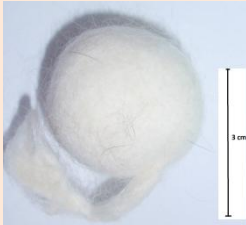
30 minut rotačního působení v Ahibě (od bodu zahřátí na  $90^{\circ}\text{C}$ )

50 otáček

100 ml  $\text{H}_2\text{O}$

pH 5 (upraveno 96%  $\text{H}_2\text{SO}_4$ )

**Tab. 9 - Zplstění bílé upravené srsti**

hmotnost vzorku	2 g	2 g	1 g
charakteristika plstěnců	 $m^* = 1,816$ g $n = 2$ elipsoidy $\rho = 0,116$ [ $\text{g}/\text{cm}^3$ ]	 $m^* = 1,794$ g $n = 1$ elipsoid $\rho = 0,124$ [ $\text{g}/\text{cm}^3$ ]	 $m^* = 0,929$ g $n = 1$ elipsoid $\rho = 0,129$ [ $\text{g}/\text{cm}^3$ ]



$m^*$  = hmotnost plstěnce po úpravě ;  $n$  = počet zplstěných útvarů

Je patrné, že surovina vykazuje značnou schopnost k plstění, neboť se zformovala do tvaru elipsoidu o vysoké hustotě, která činí průměrně  $0,123$  [ $\text{g}/\text{cm}^3$ ].

Druhým testem je zjišťován způsob promísení suroviny v plstěnci. Pro zkoušku je využito 1,5 g upravené bílé srsti a 0,5 g neupravené tmavé srsti. Do jedné patrony je vložena srst po promísení, zatímco do druhé je vložena tak, že tmavá srst je uvnitř srsti bílé.

Zatímco v prvním případě je surovina v plstěnci promísena, v druhém případě dochází k zformování 3 plstěnců, v nichž je surovina rozdělena na tmavou a bílou, podle toho, jak je vložena do patrony.

**Tab. 10 - Zplstění suroviny v závislosti na způsobu promísení**

hmotnost vzorku	2 g (1,5 + 0,5)	
způsob vložení suroviny; charakteristika plstěnců	 <p>vložena promísená surovina  <math>m^* = 1,825</math> g  <math>n = 2</math>  válec, elipsoid</p>	 <p>vložena oddělená surovina  <math>m^* = 1,842</math> g  <math>n = 3</math>  elipsoidy</p>

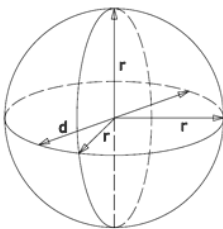
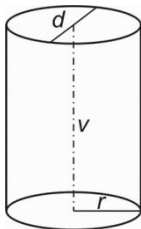
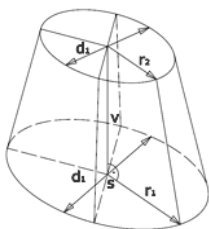
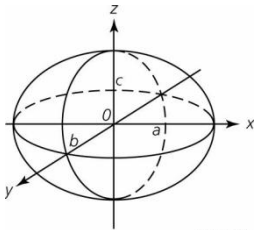
$m^*$  = hmotnost plstěnce po úpravě ;  $n$  = počet zplstěných útvarů

Jako nejlepší metoda pro hodnocení plstivosti suroviny v našem laboratorním prostředí je zvolena metoda o podmínkách:

pH 5 (nastaveno  $\text{H}_2\text{SO}_4$ )

Výsledkem postupu je téměř vždy útvar válcovitý, u něhož lze porovnávat průměr a délku. Zřídka se objevují i tvary elipsoidů, sferoidů či koulí. Na základě zjištěných objemů těchto těles a jejich hmotností je stanovena hustota plstěnce, dle uvedeného vztahu:

$$\rho = m / V \quad [\text{g/cm}^3]$$

Těleso	Koule		Rotační válec		Komolý rotační válec	
	Objem					
		$V = \frac{4}{3} * \pi * r^3$		$V = \pi * r^2 * v = \frac{\pi * d^2}{4} * v$		$V = \frac{\pi * v}{3} (r_1^2 + r_1 * r_2 + r_2^2)$
Těleso	Elipsoid					
						
Objem	Trojosý	$V = \frac{4}{3} * \pi * a * b * c$ $a > b > c$	Protáhlý sferoid	$V = \frac{4}{3} * \pi * a * b^2$ $a > b = c$	Zploštělý sferoid	$V = \frac{4}{3} * \pi * a^2 * b$ $a = b > c$

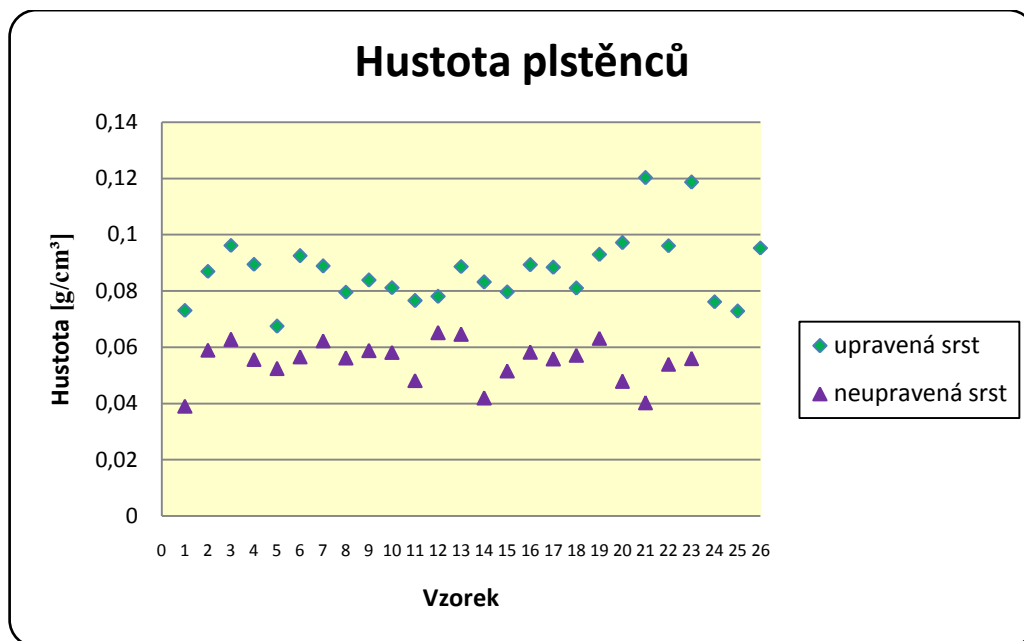
Pro námi zvolenou metodu, která se jeví jako optimální, je učiněno několik opakování, z nichž jsou zpracována statistická data.

Z 2 gramových vzorků v objemu lázně 50 ml vznikají plstěné rotační či komolé rotační válce. Na rozdíl od vzorků o 0,5, 1 a 1,5 gramu nebo při jiných objemech, kdy dochází k zplstění suroviny v rozdílné počty a tvary plstěnců, tedy není možné porovnávat, který materiál plstí lépe.

**Tab. 12 - Hodnoty pro srst *upravenou* a *neupravenou***

vzorek č.	hmotnost vzorku [g]	délka osy válce [mm]	objem plstěnce [cm <sup>3</sup> ]	hustota plstěnce [g/cm <sup>3</sup> ]	vzorek č.	hmotnost vzorku [g]	délka osy válce [mm]	objem plstěnce [cm <sup>3</sup> ]	hustota plstěnce [g/cm <sup>3</sup> ]
1	1,886	59	25,79	0,0731	1	1,919	101	49,09	0,0391
2	1,888	50	21,71	0,087	2	1,949	74	33,02	0,059
3	1,783	59	18,54	0,0962	3	1,911	79	30,41	0,0628
4	1,889	44	21,11	0,0895	4	1,914	78	34,38	0,0557
5	1,878	67	27,84	0,0675	5	1,916	98	36,49	0,0525
6	1,889	65	20,42	0,0925	6	1,904	80	33,65	0,0566
7	1,89	46	21,26	0,0889	7	1,918	104	30,79	0,0623
8	1,886	55	23,68	0,0796	8	1,928	97	34,29	0,0562
9	1,96	44	23,36	0,0839	9	1,915	128	32,57	0,0588
10	1,883	62	23,19	0,0812	10	1,922	74	33,02	0,0582
11	1,883	70	24,59	0,0766	11	1,917	88	39,81	0,0482
12	1,948	59	24,93	0,0781	12	1,924	95	29,53	0,0652
13	1,884	40	21,24	0,0887	13	1,906	73	29,5	0,0646
14	1,883	51	22,62	0,0832	14	1,917	124	45,62	0,042
15	1,86	67	23,35	0,0797	15	1,903	132	36,86	0,0516
16	1,886	45	21,11	0,0893	16	1,942	108	33,3	0,0583
17	1,88	46	21,26	0,0884	17	1,914	91	34,21	0,0559
18	1,884	57	23,27	0,081	18	1,869	85	32,67	0,0572
19	1,874	53	20,15	0,093	19	1,904	87	30,13	0,0632
20	1,906	37	19,6	0,0972	20	1,887	85	39,36	0,0479
21	1,887	42	15,68	0,1203	21	1,901	75	47,12	0,0403
22	1,887	62	19,63	0,0961	22	1,989	76	36,82	0,054
23	1,887	55	15,9	0,1187	23	1,969	80	35,19	0,056
24	1,871	50	24,54	0,0762					
25	1,965	55	27	0,0728					
26	1,871	40	19,63	0,0953					

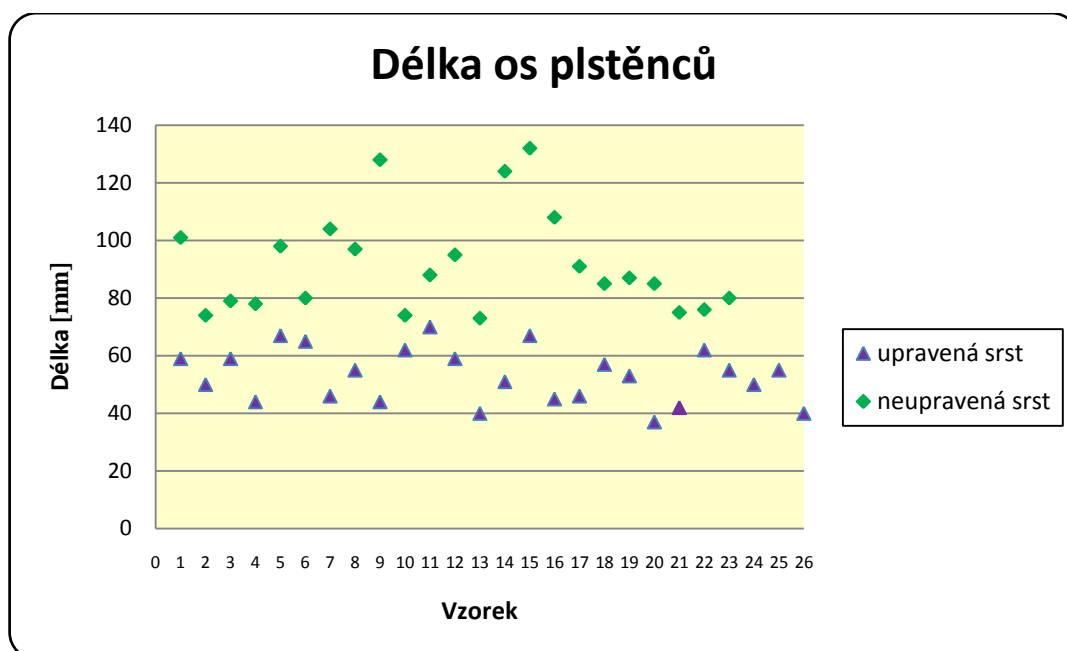
Všemi výslednými útvary jsou plstěnce ve tvaru válce, u nichž je měřena délka osy a na základě příslušných rozměru stanoven objem a hustota plstěnce.



Obr. č. 46 - Hustota plstěnců

Tab. 13 - Statistické hodnoty pro hustotu plstěnců

	Srst upravená	Srst neupravená
Počet měření	26	23
Průměr [g/cm <sup>3</sup> ]	0,0875	0,055
Medián [g/cm <sup>3</sup> ]	0,0877	0,0562
Minimální hodnota [g/cm <sup>3</sup> ]	0,0675	0,0391
Maximální hodnota [g/cm <sup>3</sup> ]	0,1203	0,0652
Variační koeficient [%]	14,13	13,39
Směrodatná odchylka [g/cm <sup>3</sup> ]	0,0124	0,0074
95% interval spolehlivosti [g/cm <sup>3</sup> ]	<0,0827-0,0922>	<0,052-0,058>



Obr. č. 47 - Délka os plstěnců

Tab. 14 - Statistické hodnoty pro délku os plstěnců

	Srst upravená	Srst neupravená
Počet měření	26	23
Průměr [mm]	53,1	91,8
Medián [mm]	54	87
Minimální hodnota [mm]	37	73
Maximální hodnota [mm]	70	132
Variační koeficient [%]	17,61	19,17
Směrodatná odchylka [mm]	9,346	17,603
95% interval spolehlivosti [mm]	<49,48-56,67>	<84,63-99,02>

Jak je zřejmé z obou uvedených grafů, nejen na základě objemu a z něho stanovené hustoty lze predikovat schopnost plstění suroviny. Délka osy plstěnce je též vypovídajícím parametrem k určení schopnosti plstění. Jak je možno vidět, v obou případech téměř nedochází k překrývání hodnot srsti upravené a neupravené a je tedy spolehlivě možno určit, zda aplikovaná předúprava má vliv na plstící schopnost. Porovnání na základě délky os lze pouze v případě, pokud se využije k experimentům vzorků o stejné gramáži, v jiném případě je nezbytné porovnávat na základě hustoty.



## 15. Aplikace předúprav na králíčí chlupy

V minulých letech, dle studie [23] bylo zkoumáno, jak ovlivňuje studenoteplotní plazma plstivost králíčí srsti. K pokusům bylo využito zařízení DCSBD (The Diffuse Coplanar Surface Barrier Discharge). Výsledkem experimentů bylo, že plazmatické působení má vliv na plstivost králíčí srsti. Optimální doba působení plazmy byla ustanovena na 30 - 60 sekund, neboť poté začíná plstivost klesat.

Zvolená předúprava pomocí plazmy však neměla tak výrazný vliv na plstíci schopnost, jak se předpokládalo, a proto je nyní v práci zjišťován vliv dalších předúprav.

Mezi aplikované metody, které jsou v rámci práce zkoumány, patří:

- UV osvit,
- enzymatické působení,
- vliv pH prostředí,
- vliv teploty lázně.

Výsledky jsou porovnány v tabulkách, jsou zjištěny rozměry a hustoty jednotlivých útvarů a je stanoven závěr vypovídající o působení předúpravy na plstíci schopnost.

### 15.1 UV osvit

Tato metoda spočívá v aplikaci UV ozáření na suchou a mokrou surovinu po dobu 30 a 60 minut. Je předpokládáno, že díky osvětlení dojde k degradaci suroviny, čímž se šupinkovitá vrstva vláken naruší a napomůže tím k lepší plstivosti suroviny. Společně s UV osvittem je v některých předúpravách aplikován na srst  $\text{TiO}_2$ .

Složky UV:                      UV A - 80 W

UV B - 8 W

### 15.1.1 UV osvit suché suroviny

Neupravená suchá rozvolněná surovina je rozprostřena na mřížku uvnitř UV komory. Je odpočítán čas 30 a 60 minut, kdy UV osvit působí na surovinu. Poté je srst vyjmuta, navážena a vložena do patron s připravenou lázní.

Podmínky metody:

$1;2 \pm 0,005$  g suroviny ve formě rouna






30 minut rotačního působení v Ahibě (od bodu zahřátí na  $90^{\circ}\text{C}$ )

50 otáček

50 ml  $\text{H}_2\text{O}$

pH 5 (nastaveno  $\text{H}_2\text{SO}_4$ )

**Tab. 15 - Rozdíl mezi plstěnci v závislosti na době UV působení**

hmotnost vzorku	2 g	2 g	1 g
doba působení UV			
30 min	 <p><math>m^* = 2,065</math> g <math>n = 1</math> nedefinován tvar</p>	 <p><math>m^* = 2,027</math> g <math>n = 1</math> válec <math>\rho = 0,0467</math> [<math>\text{g}/\text{cm}^3</math>]</p>	 <p><math>m^* = 1,024</math> g <math>n = 2</math> elipsoidy <math>\rho = 0,0556</math> [<math>\text{g}/\text{cm}^3</math>]</p>
60 min	 <p><math>m^* = 1,843</math> g <math>n = 1</math> válec <math>\rho = 0,0700</math> [<math>\text{g}/\text{cm}^3</math>]</p>	 <p><math>m^* = 2,081</math> g <math>n = 1</math> válec <math>\rho = 0,0637</math> [<math>\text{g}/\text{cm}^3</math>]</p>	

$m^*$  = hmotnost plstěnce po úpravě ;  $n$  = počet zplstěných útvarů

Jak je patrné z tabulky, 60 minutové působení na suchou surovinu se projevuje ve zvýšené hustotě plstěnců, oproti 30 minutovému působení, kde je hustota plstěnců srovnatelná s hustotami plstěnců neupravených.

### 15.1.2 UV osvit suché suroviny s přídavkem TiO<sub>2</sub>

Neupravená suchá rozvolněná surovina je rozprostřena na mřížku uvnitř UV komory. Tato surovinu je rovnoměrně poprášena oxidem titaničitým. Na 1 g rouna odpovídá hmotnost 0,05g TiO<sub>2</sub>. Je odpočítána doba 60 minut, kdy na surovinu působí UV osvit. Poté je srst vyjmuta, navážena a vložena do patron s připravenou lázní.

Podmínky metody: 1 ± 0,005 g suroviny ve formě rouna




30 minut rotačního působení v Ahibě (od bodu zahřátí na 90°C)

50 otáček

50 ml H<sub>2</sub>O

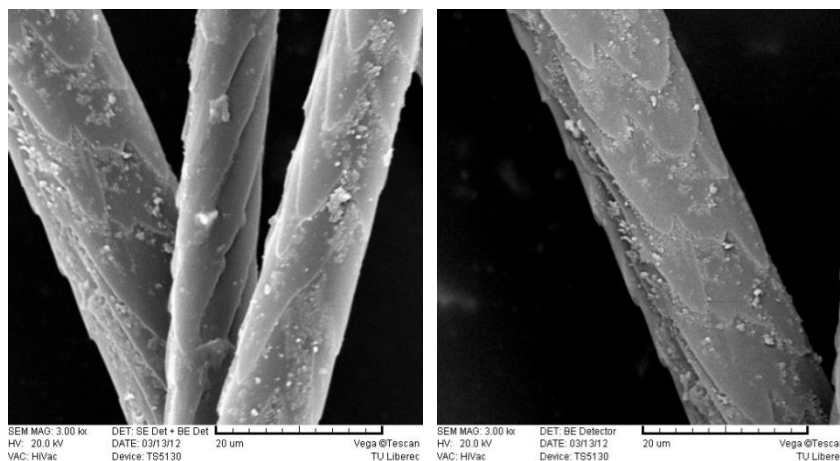
pH 5 (nastaveno H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)

**Tab. 16 - Rozdíl mezi plstěnci ze srsti po UV osvitu a ze srsti neupravené**

číslo vzorku	1	2
úprava		
60 minut UV + TiO <sub>2</sub>	 <p> <math>m^* = 0,934 \text{ g}</math>  <math>n = 1</math>  elipsoidy  <math>\rho = 0,0951 \text{ [g/cm}^3\text{]}</math> </p>	 <p> <math>m^* = 0,979 \text{ g}</math>  <math>n = 1</math>  elipsoidy  <math>\rho = 0,0800 \text{ [g/cm}^3\text{]}</math> </p>
neupravená srst	 <p> <math>m^* = 0,945 \text{ g}</math>  <math>n = 1</math>  elipsoid  <math>\rho = 0,0743 \text{ [g/cm}^3\text{]}</math> </p>	

$m^*$ =hmotnost plstěnce po úpravě;  $n$  = počet zplstěných útvarů

Jak je zřejmé z tabulky 16, hodnoty hustoty plstěnců po UV osvětlení materiálu za přítomnosti oxidu titaničitého jsou vyšší než v případě neupraveného vzorku. Lze předpokládat, že TiO<sub>2</sub> má pozitivní vliv na plstící schopnost vláken.



Obr. č. 48,49 - Snímky králíčího vlasu po aplikaci UV osvitů za přítomnosti  $\text{TiO}_2$

Z obrázků z rastrovací elektronové mikroskopie jsou zřejmé stopy  $\text{TiO}_2$ , který působí na šupinkovitou vrstvu králíčího vlasu. Pravděpodobně dochází k mechanickému narušení šupinkovité vrstvy. Problém je v tom, že tato chemikálie zanechává stopy na vlasu a nevyplaví se do lázně během plstění.

### 15.1.3 UV osvit mokré suroviny

Neupravená surovina je nejprve navážena, poté smočena a rozprostřena na mřížku uvnitř UV komory. Je odpočítána doba 60 minut, kdy na surovinu působí UV osvit. Poté je srst vyjmuta a vložena do patron s připravenou lázní.

Podmínky metody:  $1;2 \pm 0,005$  g materiálu

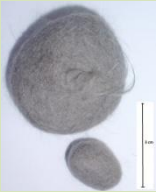




30 minut rotačního působení v Ahibě (od bodu zahřátí na  $90^\circ\text{C}$ )

50 otáček

50 ml  $\text{H}_2\text{O}$

pH 5 (nastaveno  $\text{H}_2\text{SO}_4$ )

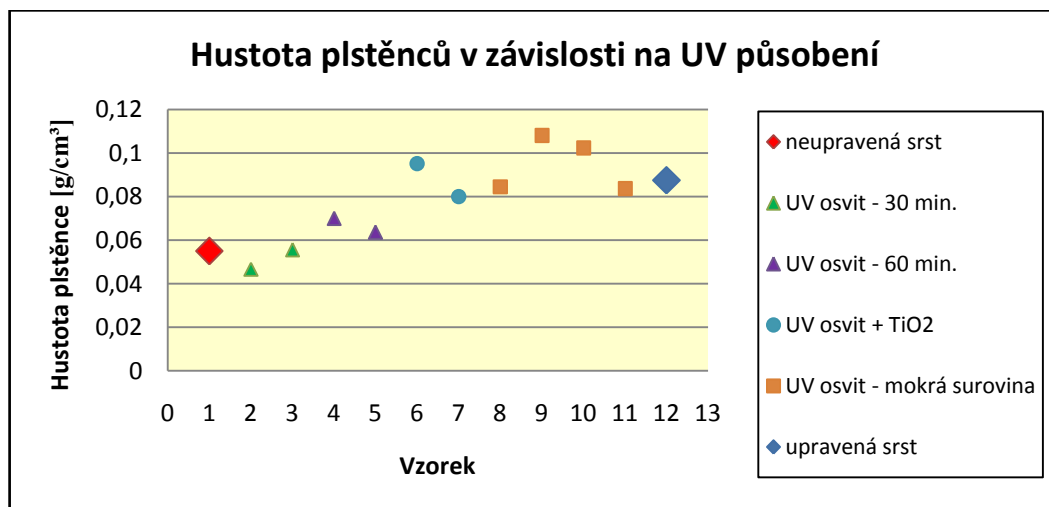
**Tab. 17 - Plstěnce po UV osvitě mokré suroviny**

hmotnost vzorku	1 g	1 g	2 g
úprava			
60 minut UV aplikace na mokrý materiál	 <p> <math>m^* = 1,078 \text{ g}</math>  <math>n = 2</math>                      elipsoidy  <math>\rho = 0,0846 \text{ [g/cm}^3\text{]}</math> </p>	 <p> <math>m^* = 1,011 \text{ g}</math>  <math>n = 3</math>                      elipsoidy  <math>\rho = 0,1081 \text{ [g/cm}^3\text{]}</math> </p>	 <p> <math>m^* = 2,026 \text{ g}</math>  <math>n = 1</math>                      nedefinován tvar                 </p>
	 <p> <math>m^* = 1,029 \text{ g}</math>  <math>n = 2</math>                      elipsoidy  <math>\rho = 0,1023 \text{ [g/cm}^3\text{]}</math> </p>	 <p> <math>m^* = 1,005 \text{ g}</math>  <math>n = 1</math>                      elipsoid  <math>\rho = 0,0837 \text{ [g/cm}^3\text{]}</math> </p>	

$m^*$ =hmotnost plstěnce po úpravě;  $n$  = počet zplstěných útvarů

Ze zjištěných hustot plstěnců vyplývá, že UV osvit mokré suroviny má výrazný vliv na plstivost, neboť hodnoty jsou srovnatelné s hodnotami hustot srsti upravené (kyselým mořením).

Pro názornost je uveden graf vypovídající o aplikovaných předúpravách UV osvitěm v porovnání s průměrnými hodnotami hustoty srsti upravené a neupravené.



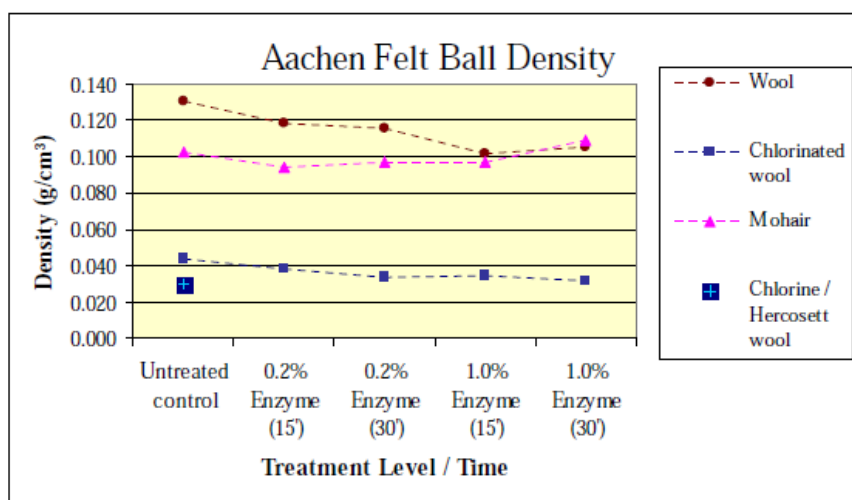
**Obr. č. 50 - Porovnání hustot plstěnců v závislosti na způsobu UV osvitě**

## 15.2 Enzymatická úprava

Je známo, že díky enzymům lze docílit neplstivou úpravu srsti, což lze dokumentovat pokusem [24], který byl učiněn v minulých letech na vlnu a mohér. Bylo využito enzymatické úpravy samostatně nebo i v kombinaci s chlorační metodou. Výsledkem bylo snížení plstivosti, došlo ke změně šupinkovitého povrchu vláken, tuhost vláken se zmenšila, zlepšil se omak a bělost vláken a nedošlo k žádným poškozením vlákna. Výhodou enzymatické úpravy také je, že nepůsobí negativně na životní prostředí. Lepších výsledků bylo docíleno při použití enzymů na již chlorovanou vlnu.

Potenciál enzymů lze využít i k biologickému praní, odmašťování, bělení či změkčování [24].

V následující tabulce lze vidět jaký vliv má enzymatická úprava na plstivost vlny a mohéru v kombinaci s chlorační metodou či bez ní.



Obr. č. 51 - Porovnání hustot plstěnců po enzymatické úpravě [24]

Pro pokus byl využit enzym protéza (Rucolase), který byl aplikován v koncentraci 0,2% a 1,0% při pH 8-8,5 (upraveno sodou) a teplotě 55°C po dobu 15 a 30 minut. Na konci pokusu bylo pH sníženo kyselinou octovou a po 20 minutách došlo k deaktivaci enzymů.

Výsledná úprava byla hodnocena Aachenskou metodou plstivosti a bylo zjištěno, že enzymy snižují schopnost plstění zejména u vlny. U mohéru je pokles plstivosti nevýrazný [24].

### 15.2.1 Postup a hodnocení enzymatické předúpravy

Pro námi zvolený pokus je využito tří enzymů:

Bromelain – rostlinný enzym

Aspergillus – bakteriální enzym

Trypsin – živočišný trávicí enzym

Podstata zkoušky spočívá ve smočení 2 g neupravené suroviny v předeřáté lázni obsahující enzymy. Na 100 ml lázně (fosfátový pufr – pH 7,2) odpovídá množství enzymů 1 g. Teplota lázně, v níž působí enzymy, je udržována na  $30^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ . Doba působení enzymů na surovinu je stanovena na 15 minut. Poté je srst vyjmuta, opláchnuta fosfátovým pufrem a destilovanou vodou a sušena při laboratorní teplotě  $23\text{--}24^{\circ}\text{C}$  po dobu 24 hodin.

Zkouška je aplikována na vzorky neupravené králičí srsti, u nichž hodnocení plstivosti je provedeno námi zvolenou metodou.

Podmínky metody:  $2 \pm 0,005$  g materiálu










30 minut rotačního působení v Ahibě (od bodu zahřátí na  $90^{\circ}\text{C}$ )

50 otáček

50 ml  $\text{H}_2\text{O}$

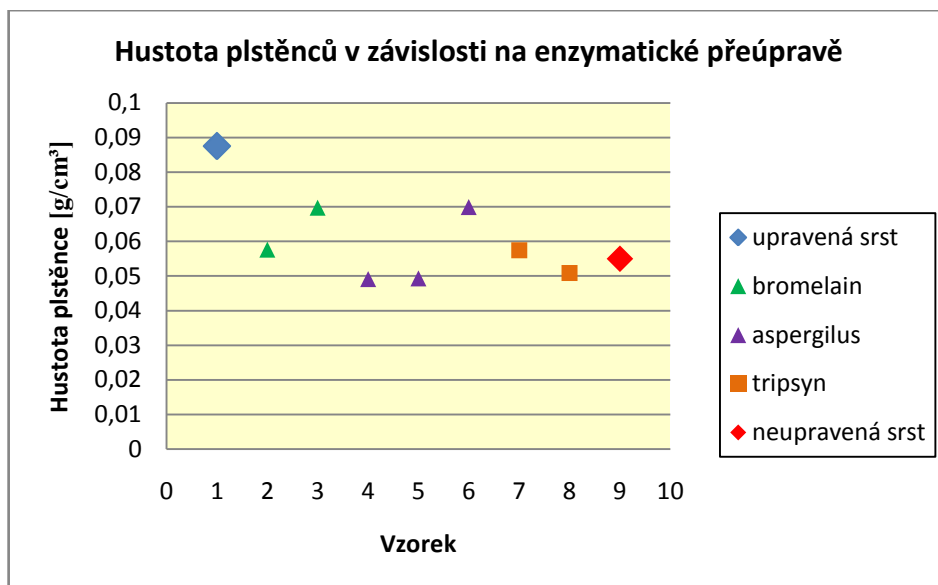
pH 5 (nastaveno  $\text{H}_2\text{SO}_4$ )

**Tab. 18 - Plstěnce po enzymatickém působení**

číslo vzorku	1	2	3
enzym			
Bromelain	 <p> <math>m^* = 1,876 \text{ g}</math>  <math>n = 1</math>  válec  <math>\rho = 0,0576 \text{ [g/cm}^3\text{]}</math> </p>	 <p> <math>m^* = 1,882 \text{ g}</math>  <math>n = 1</math>  nedefinován tvar </p>	 <p> <math>m^* = 1,881 \text{ g}</math>  <math>n = 1</math>  válec  <math>\rho = 0,0697 \text{ [g/cm}^3\text{]}</math> </p>
Aspergillus	 <p> <math>m^* = 1,845 \text{ g}</math>  <math>n = 1</math>  válec  <math>\rho = 0,0491 \text{ [g/cm}^3\text{]}</math> </p>	 <p> <math>m^* = 1,872 \text{ g}</math>  <math>n = 1</math>  válec  <math>\rho = 0,0493 \text{ [g/cm}^3\text{]}</math> </p>	 <p> <math>m^* = 1,870 \text{ g}</math>  <math>n = 1</math>  elipsoid  <math>\rho = 0,0699 \text{ [g/cm}^3\text{]}</math> </p>
Tripsyn	 <p> <math>m^* = 1,871 \text{ g}</math>  <math>n = 1</math>  válec  <math>\rho = 0,0574 \text{ [g/cm}^3\text{]}</math> </p>	 <p> <math>m^* = 1,855 \text{ g}</math>  <math>n = 1</math>  nedefinován tvar </p>	 <p> <math>m^* = 1,843 \text{ g}</math>  <math>n = 1</math>  válec  <math>\rho = 0,0509 \text{ [g/cm}^3\text{]}</math> </p>

$m^*$ =hmotnost plstěnce po úpravě;  $n$  = počet zplstěných útvarů



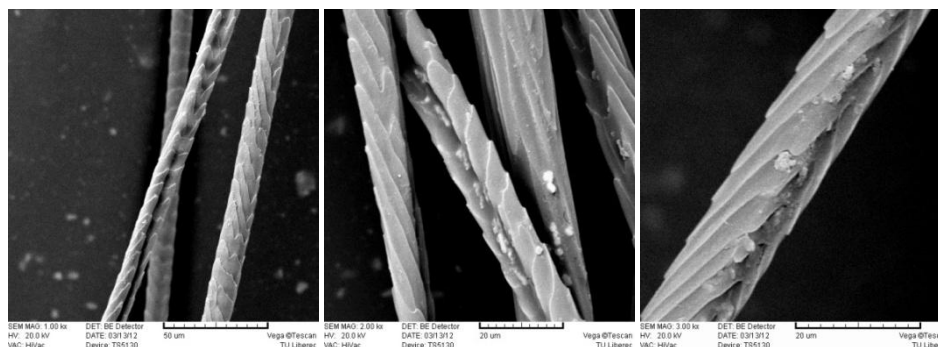


Obr. č. 52 - Porovnání hustot plstěnců v závislosti na enzymatické předúpravě

Z tabulky a grafu je zřejmé, že námi zvolená enzymatická předúprava nemá výrazný vliv na plstivost suroviny a hodnoty hustoty plstěnců se pohybují kolem průměrné hodnoty hustoty srsti neupravené. Z následujících obrázků č. 53 – 58 je však zřejmé, že enzymy narušují šupinkovitou vrstvu vláken. Nicméně do budoucna by bylo vhodné provést předúpravy i při jiných dobách působení či jiných koncentracích enzymů.

## 15.2.2 Snímky z rastrovací elektronové mikroskopie (REM)

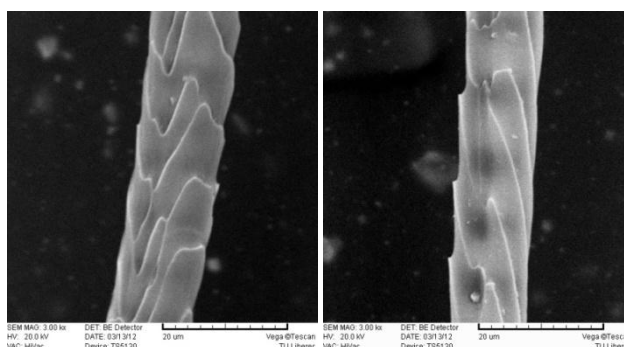
- **Aspergillus**



Obr. č. 53,54,55 - Snímky králíčího vlasu po působení enzymu *Aspergillus*

Na obrázcích z REM je patrné narušení šupinkovité vrstvy vláken. Zejména je to znatelné u vláken s ledvinkovitým průřezem. K napadení vlákna enzymy dochází především v místě nejkratší osy příčného průřezu vlákna, které lze usuzovat jako nejpřístupnější pro narušení vlasu.

- **Bromelain**

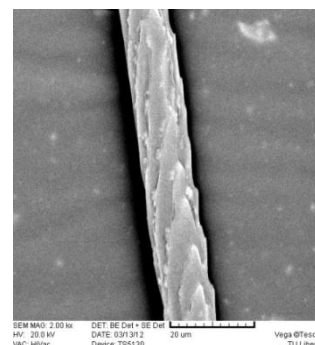


Obr. č. 56,57 - Snímky králíčího vlasu po působení enzymu *Bromelain*

Na obrázcích vlasů (obr. č. 56 a 57) po aplikaci rostlinného enzymu lze vidět narušené konce šupinek. Na obrázcích je také zřetelně vidět průsvitající přerušovaný dřevový kanálek, o němž je zmíněno v teoretické části práce.

- **Tripsyn**

Na obrázku vlasu napadeného působením živočišného enzymu Tripsyn, je též vidět narušená šupinkovitá vrstva vlákna.



Obr. č. 58 - Snímek králíčího vlasu po působení enzymu *Tripsyn*

### 15.3 Působení pH prostředí na plstící schopnost vláken

Tento test spočívá v zjištění vlivu pH na plstící schopnost neupravených králíčích vláken. Výslednými plstěnci jsou vždy válce, u nichž je zjišťován objem a jejich hustota.

Podmínky metody:  $2 \pm 0,005$  g suroviny ve formě rouna

30 minut rotačního působení v Ahibě (od bodu zahřátí na  $90^{\circ}\text{C}$ )

50 otáček

50 ml  $\text{H}_2\text{O}$

pH 2,5;5;8 (nastaveno  $\text{H}_2\text{SO}_4$  a  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )

**Tab. 19 - Hodnoty plstěnců v závislosti na pH prostředí**

Vzorek č.	1	2	3	4	5
pH 2,5	$m^* = 1,831$ g $\rho = 0,0899$ [g/cm <sup>3</sup> ]	$m^* = 1,933$ g $\rho = 0,0628$ [g/cm <sup>3</sup> ]	$m^* = 1,901$ g $\rho = 0,0598$ [g/cm <sup>3</sup> ]	$m^* = 1,924$ g $\rho = 0,0646$ [g/cm <sup>3</sup> ]	$m^* = 1,896$ g $\rho = 0,0875$ b [g/cm <sup>3</sup> ]
pH 5	$m^* = 1,899$ g $\rho = 0,0488$ [g/cm <sup>3</sup> ]	$m^* = 1,899$ g $\rho = 0,0756$ [g/cm <sup>3</sup> ]	$m^* = 1,920$ g $\rho = 0,051$ [g/cm <sup>3</sup> ]	$m^* = 1,898$ g $\rho = 0,0646$ [g/cm <sup>3</sup> ]	$m^* = 1,883$ g $\rho = 0,0445$ [g/cm <sup>3</sup> ]
pH 8	$m^* = 1,939$ g $\rho = 0,0643$ [g/cm <sup>3</sup> ]	$m^* = 1,915$ g $\rho = 0,0699$ [g/cm <sup>3</sup> ]	$m^* = 1,876$ g $\rho = 0,0579$ [g/cm <sup>3</sup> ]	$m^* = 1,957$ g $\rho = 0,0559$ [g/cm <sup>3</sup> ]	$m^* = 1,896$ g $\rho = 0,0537$ [g/cm <sup>3</sup> ]

**Tab. 20 - Statistické hodnoty pro hustotu plstěnců v závislosti na pH prostředí**

	pH 2,5	pH 5	pH 8
Počet měření	5	5	5
Průměr [g/cm <sup>3</sup> ]	0,0729	0,0569	0,0603
Variační koeficient [%]	19,93	22,63	11,02
Směrodatná odchylka [g/cm <sup>3</sup> ]	0,01453	0,01288	0,00665
Interval spolehlivosti [g/cm <sup>3</sup> ]	<0,0602 - 0,0857>	<0,0456 - 0,0682>	<0,0545 - 0,0662>









Z uvedených tabulek lze usuzovat, že pH má vliv na plstivost. S kyselostí či zásaditostí lázně vzrůstá schopnost plstit. Je možno předpokládat, že výraznější rozdíl by nastal při zvýšení kyselosti či zásaditosti lázně. Je nutno však přihlídnout k tomu, že by nespíše došlo k rozrušení skladby keratinu, a tudíž k poškození vlákna.

### 15.4 Vliv teploty lázně na plstící schopnost vláken

Zde je zkoumán vliv teploty lázně na plstící schopnost vláken. Je zjišťována schopnost plstění při 50°C a 90°C.

Podmínky metody:  $2 \pm 0,005$  g suroviny ve formě rouna  
 30 minut rotačního působení v Ahibě  
 (od bodu zahřátí na 50°C a 90°C)  
 50 otáček  
 50 ml H<sub>2</sub>O  
 pH 5 (nastaveno H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)

**Tab. 21 - Rozdíl mezi plstěnci v závislosti na teplotě lázně**

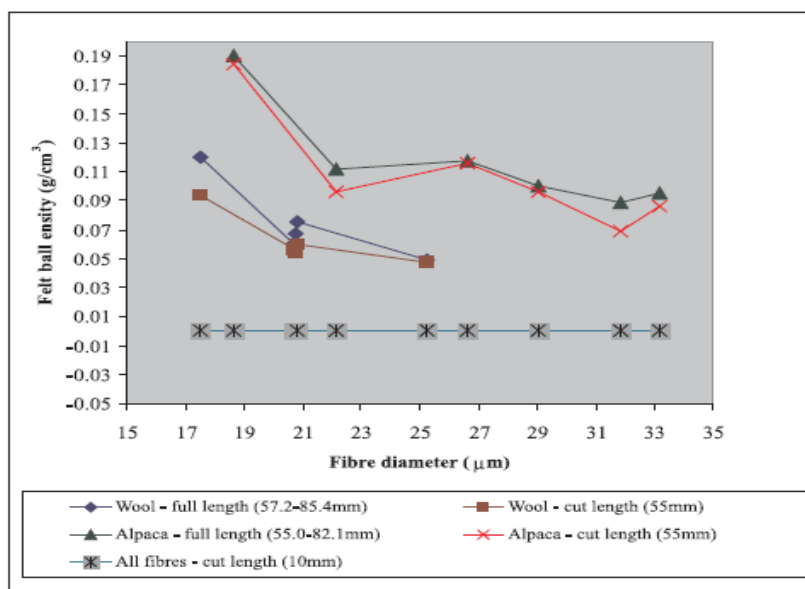
srst	upravená (mořením)		neupravená	
teplota lázně	(mořením)			
50°C	 m* = 1,96 g n = 1 nedefinován tvar	 m* = 1,941 g n = 1 nedefinován tvar	 m* = 1,941 g n = 1 válec $\rho = 0,0599$ [g/cm <sup>3</sup> ]	 m* = 1,926 g n = 1 elipsoid $\rho = 0,0808$ [g/cm <sup>3</sup> ]
90°C	 m* = 1,957 g n = 1 válec $\rho = 0,0906$ [g/cm <sup>3</sup> ]	 m* = 1,948 g n = 1 válec $\rho = 0,0781$ [g/cm <sup>3</sup> ]	 m* = 1,916 g n = 1 válec $\rho = 0,0541$ [g/cm <sup>3</sup> ]	 m* = 1,942 g n = 1 válec $\rho = 0,0645$ [g/cm <sup>3</sup> ]

*m\* = hmotnost plstěnce po úpravě; n = počet zplstěných útvarů*

Z uvedené tabulky je zřejmé, že teplota 90°C je vhodnější pro pokusy plstivosti, neboť při ní dochází k tvorbě definovaných útvarů. Zatímco v případě 50°C lázně dochází k vytvoření dvou plstěnců, jejichž tvar nelze definovat, a tudíž není možné plstivost určit. Je zřejmé, že při 90°C dochází k rozdílu mezi plstící schopnosti srsti upravené mořením a srsti neupravené.

## 16. Vliv délky vlasu na plstící schopnost keratinových vláken

Je známo, že větší délka vláken pozitivně ovlivňuje plstící schopnost, jak je uvedeno v kapitole 10.4. V následujícím obrázku č. 59 vyjmutého ze studie z roku 2008 [17] je vidět vliv délky a tloušťky na plstící schopnost vlněných vláken a vláken ze srsti alpaky.

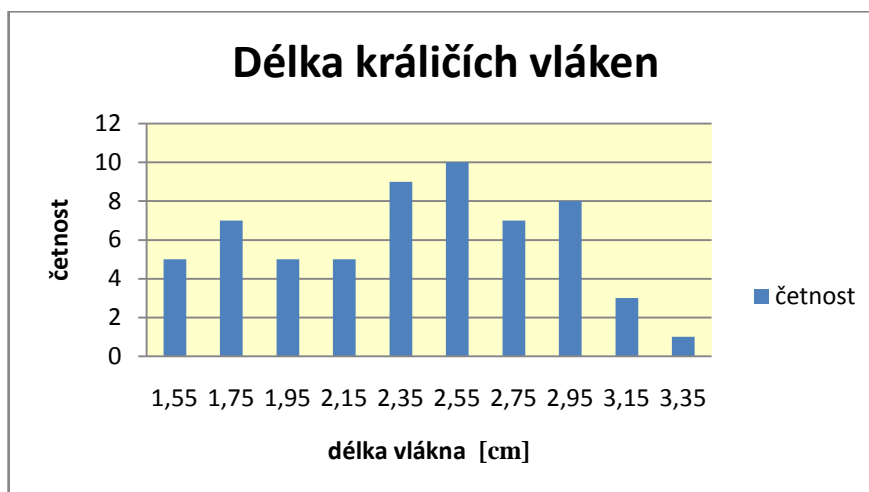


Obr. č. 59 - Porovnání hustoty plstěnců na základě rozdílu délky a tloušťky vláken[17]

Je patrné, že se zvětšující se tloušťkou vláken se plstící schopnost vláken z ovčí a alpaky snižuje při stejném rozsahu délek těchto vláken. Vlákná delší naopak při stejných tloušťkách svou plstící schopnost zvyšují.

Co se týče porovnání plstivosti mezi vlnou ovčí a srstí z alpaky, srst z alpaky má větší tendenci k plstění, z důvodu vysokého počtu povrchových šupinek, jak je zřetelné z obrázku č. 20 [17].

Aby byla získána představa o délce králíčích vlasů, se kterými je v experimentu pracováno, je uveden graf (obr. č. 60) vypovídající o rozdělení délek těchto vláken.



Obr. č. 60 - Zastoupení délek králíčích vláken ve vzorku rouna

Délka králíčích vláken je zjišťována měřením náhodně vybraných vláken z rouna. Je vybráno 60 vláken, mezi nimiž jsou zastoupeny jak pesíky, tak podsadové chlupy. Pesíky jsou rovné a mají větší tloušťku, zatímco podsadové chlupy jsou velmi jemné a zvlněné. Zastoupení pesíku je ojedinělé, zatímco podsadové a přechodové chlupy se vyskytují značně.

Tab. 22 – Statistické údaje pro hodnoty délek králíčích vláken

Počet měření	60
Průměr [cm]	2,38
Modus [cm]	2,4
Medán [cm]	2,4
Minimální hodnota [cm]	1,5
Maximální hodnota [cm]	3,4
Variační koeficient [%]	20,53
Směrodatná odchylka [cm]	0,489
95% interval spolehlivosti [cm]	<2,258-2,505>

## 17. Zhodnocení předúprav

Uvedené předúpravy více či méně ovlivňují schopnost plstění, jak je možné zjistit z uvedených tabulek a grafů.

Jako nejlepší předúprava pro následnou plstivost suroviny se jeví UV osvit mokré suroviny, či UV osvit suché suroviny s přidavkem oxidu titaničitého. Je nutné zohlednit, že tato chemikálie na vlasech zůstává i po zplstění suroviny, což může následným vlivem UV osvitu vést ke katalytické reakci. Díky ní by mohla nastat degradace suroviny, která by narušila další procesy zpracování plsti.

V případě enzymatické předúpravy nedochází k výraznému zlepšení plstící schopnosti králíčích vláken, hodnoty hustoty plstěnců odpovídají hodnotám hustoty plstěnců neupravených. Nicméně, z obrázků z REM je zřejmé, že enzymy působí na šupinkovitou vrstvu vláken. Bylo by vhodné provést další zkoušky při jiných koncentracích enzymů či jiných dobách působení na surovinu, aby bylo zřejmé, zda tyto enzymy působí ve prospěch či na úkor plstící schopnosti těchto vláken.

Co se týká vlivu pH, je zjištěno, že s kyselostí či zásaditostí lázně se plstící schopnost vláken zvyšuje. Je nutno zohlednit způsob degradace suroviny vlivem alkalického prostředí, kdy dochází napadení peptidických vazeb a k rozrušení aminokyselin. Je nutné zvolit takové pH, které ovlivní povrchový charakter vlasu, ale nezpůsobí znehodnocení suroviny.

Teplota lázně také ovlivňuje způsob zplstění. Pro hodnocení plstících schopností vláken je vhodnější užít 90°C lázeň, neboť při této teplotě dochází k vytvoření definovaného útvaru, u něhož je možné predikovat plstící schopnost vláken na základě jeho rozměrů.

Vždy je nutné vycházet z faktorů, které mají na plstící schopnosti vláken podíl. Těmito faktory jsou:

- Původ vlákna (druh srsti) – zde je nutno zohlednit nejen z jakého zvířete byla srst získána, protože se liší plstící schopnost jednotlivých keratinových vláken, ale také zda se jedná o podsadové či pesíkové chlupy, neboť jejich plstící schopnost se liší, tzn. podsada plstí lépe než pesík.
- DFE (směrový třecí efekt) – tření jednotlivých vláken je odlišné podle toho, zda se děje ve směru po šupinkách nebo proti nim, vždy je ve směru proti šupinkám větší.
- Geometrie vlákna (počet a tvar šupinek, obloučkovitost vláken) – počet a tvar šupinek je dán jejich vzájemným překrýváním. Čím více se šupinky překrývají, tím menší plochy na povrchu vlasu tvoří a tím více vlákna plstí. Počet šupinek je též ovlivněn polohou ve vlasu. Směrem ke špičce šupinek ubývá z důvodu menší tloušťky vlasu. Tvar šupinek se mění rovněž dle umístění na vlasu. Též hraje roli výška šupinek, čím vyšší jsou, tím lépe surovina plstí, neboť se tvoří více mezivláknenných kontaktů. Obloučkovitost vláken spojená se superkontrakcí taktéž pozitivně ovlivňuje plstící schopnost vláken. Proto i vlákna podsadová, která jsou více zkadeřená, plstí lépe.
- Jemnost vláken a podíl dřeně – od podílu dřeně se odvíjí pružnost vláken, která je obdobně důležitých faktorem majícím vliv na plstivost. Vlákná pružná plstí lépe. Čím jemnější je vlákno, tím lépe plstí.
- Délka vláken – má velký význam na plstivost. Čím je vlákno delší, tím více plstí.
- Další faktory - lineární hustota vláken, tvar příčného řezu, ohybová tuhost.
- Podmínky plstění (médiu, teplota, tlak, pH prostředí, mechanické působení, pomocné přípravky).
- Způsob předzpracování suroviny - studie [17] z roku 2008 uvádí, že bělená a barvená vlákna alpaky vykazují větší plstivost [15,17].



## ZÁVĚR

První část práce se zabývala návrhem optimální hodnotící metody pro zjišťování schopnosti plstít v laboratorních podmínkách na přístroji Ahiba. Byl zjišťován vliv doby působení, počtu otáček či objemu lázně na surovinu o různých gramážích. Výslednými plstěnci byly útvary, především elipsoidy, sferoidy, koule a válce. Jako optimální metoda byla stanovena „válečková“ metoda, kdy vznikajícím tvarem byl válec, u něhož bylo možné snadno stanovit jeho objem a hustotu. Čím menší byl plstěný útvar, tím větší měl hustotu a tím lepší plstící schopnost vlákna vykazovala. Mezi srstí upravenou a neupravenou byl pomocí této metody zjištěn výrazný rozdíl, což dokládají uvedené grafy a tabulky. Nejen na základě hustoty, ale též i z délky osy válce lze stanovit plstící schopnost. Vlákná válce, který měl kratší osu, plstily více a naopak. Výhodou této metody je snazší určení predikce plstivosti, avšak tuto metodu lze použít pouze pro případy, kdy je plstěna surovina o stejné gramáži. V jiných případech, je nutno užít metodu hodnocení - zjišťováním hustoty plstěnců, chceme-li například porovnávat hustotu útvaru s hustotami plstěnců dle Aachenské metody.

Druhá část práce se zabývala vlivem přeúprav suroviny na výslednou schopnost plstění. Bylo využito, jak UV osvit, tak i enzymatického působení. Nejlepších výsledků, ze všech provedených předúprav, bylo docíleno UV osvitem mokré suroviny a také osvitom suché suroviny s přidavkem oxidu titaničitého, kdy se hodnoty hustoty pohybovaly kolem průměrné hodnoty hustoty plstěnců ze srsti upravené stávající podnikovou metodou. Bylo též učiněno několik zkoušek vlivu pH a teploty lázně. pH prostředí má vliv na plstící schopnost. S kyselostí či zásaditostí lázně se plstící schopnost vláken zvyšuje. Nicméně, je nutno přihlédnout k možné degradaci suroviny, která by mohla následně ovlivnit další zpracovatelské a spotřebitelské využití. I teplota lázně ovlivňuje plstící schopnost vláken. Pro hodnotící metodu je lépe využít zvýšené teploty, což zapříčiní zplstění suroviny v definovaný útvar, který je nezbytný pro stanovení hustoty.

Tematika plstivosti je objasňována mnoha teoriemi, které se vzájemně více či méně liší. Problémem je především to, že na plstění má vliv několik faktorů, nikoli pouze jeden. Zkoušky je nezbytně nutné provádět při jasně definovaných vstupních podmínkách, a pokud je to možné, se stejnou vstupní surovinou. Do budoucna je nutné se tomuto tématu dále věnovat a objasňovat více teorii plstivosti keratinových vláken.

## SEZNAM OBRÁZKŮ:

<i>Obr. č. 1 - Schematický nákres kořene vlasu.....</i>	<i>12</i>
<i>Obr. č. 2 - Složení králíčího vlasu.....</i>	<i>13</i>
<i>Obr. č. 3 - Příčný pohled na králíčí vlákna.....</i>	<i>13</i>
<i>Obr. č. 4 - Podélné a příčné nákresy keratinových vláken.....</i>	<i>14</i>
<i>Obr. č. 5 - Struktura <math>\alpha</math>-keratinu a <math>\beta</math>-keratinu.....</i>	<i>16</i>
<i>Obr. č. 6 - Tvary příčných řezů králíčích vláken.....</i>	<i>17</i>
<i>Obr. č. 7 - Závislost doby paření na kontrakci a protažení.....</i>	<i>18</i>
<i>Obr. č. 8 - Šupinkovitý povrch králíčího vlasu.....</i>	<i>19</i>
<i>Obr. č. 9 - Složky kortexu.....</i>	<i>20</i>
<i>Obr. č. 10 - Vzduchové komory králíčího vlasu.....</i>	<i>20</i>
<i>Obr. č. 11 - Angora bílá červenooká.....</i>	<i>24</i>
<i>Obr. č. 12 - Znázornění DFE.....</i>	<i>28</i>
<i>Obr. č. 13 - Tvar okrajů šupinek.....</i>	<i>28</i>
<i>Obr. č. 14 - Vzdálenost mezi okraji šupinek.....</i>	<i>28</i>
<i>Obr. č. 15 - Tvar šupinek.....</i>	<i>29</i>
<i>Obr. č. 16,17 - Šupinky vlny Merino a Mohéru.....</i>	<i>30</i>
<i>Obr. č. 18 - Kašmír.....</i>	<i>30</i>
<i>Obr. č. 19 - Velbloudí vlákno.....</i>	<i>30</i>
<i>Obr. č. 20 - Alpaka.....</i>	<i>30</i>
<i>Obr. č. 21 - Lama.....</i>	<i>30</i>
<i>Obr. č. 22 - Vikuňa.....</i>	<i>30</i>
<i>Obr. č. 23 - Králíčí srst.....</i>	<i>30</i>
<i>Obr. č. 24 - Typy dřeně.....</i>	<i>31</i>
<i>Obr. č. 25 - Příklad plstíciho zařízení.....</i>	<i>34</i>
<i>Obr. č. 26 - Pohonné ústrojí horní plstící desky.....</i>	<i>34</i>
<i>Obr. č. 27 - Kladivová valcha.....</i>	<i>34</i>
<i>Obr. č. 28 - Válcová valcha.....</i>	<i>35</i>
<i>Obr. č. 29 - Valchovací stroj Stomper fy Hemmer.....</i>	<i>35</i>
<i>Obr. č. 30 - Válečkový zplstřovací stroj fy Krafft Göbel.....</i>	<i>35</i>
<i>Obr. č. 31 - Logo firmy.....</i>	<i>36</i>
<i>Obr. č. 32 - Továrna v Novém Jičíně.....</i>	<i>36</i>

<i>Obr. č. 33 - Schéma technologického procesu .....</i>	<i>37</i>
<i>Obr. č. 34 - Performovaný zvon .....</i>	<i>38</i>
<i>Obr. č. 35 - Valchovací stroj .....</i>	<i>39</i>
<i>Obr. č. 36 - Ruční překládání plástu .....</i>	<i>39</i>
<i>Obr. č. 37,38,39 - Valchovací stroj .....</i>	<i>39</i>
<i>Obr. č. 40 - Zařízení pro Aachenskou plstící metodu .....</i>	<i>40</i>
<i>Obr. č. 41, 42 - Zařízení pro měření plstěných kuliček .....</i>	<i>41</i>
<i>Obr. č. 43,44 - Ahiba .....</i>	<i>41</i>
<i>Obr. č. 45 - Rouno králičí srsti .....</i>	<i>42</i>
<i>Obr. č. 46 - Hustota plstěnců .....</i>	<i>53</i>
<i>Obr. č. 47 - Délka os plstěnců .....</i>	<i>54</i>
<i>Obr. č. 48,49 - Snímky králičího vlasu po aplikaci UV osvitů za přítomnosti TiO<sub>2</sub> .....</i>	<i>58</i>
<i>Obr. č. 50 - Porovnání plstěnců v závislosti na způsobu UV osvitů .....</i>	<i>59</i>
<i>Obr. č. 51 - Porovnání hustot plstěnců po enzymatické úpravě .....</i>	<i>60</i>
<i>Obr. č. 52 - Porovnání plstěnců v závislosti na enzymatické předúpravě .....</i>	<i>63</i>
<i>Obr. č. 53,54,55 - Snímky králičího vlasu po působení enzymu Aspergillu .....</i>	<i>64</i>
<i>Obr. č. 56,57 - Snímky králičího vlasu po působení enzymu Bromelain .....</i>	<i>64</i>
<i>Obr. č. 58 - Snímek králičího vlasu po působení enzymu Tripsyn .....</i>	<i>64</i>
<i>Obr. č. 59 - Porovnání hustoty plstěnců na základě rozdílu délky a tloušťky vláken .....</i>	<i>67</i>
<i>Obr. č. 60 - Zastoupení délek králičích vláken ve vzorku rouna .....</i>	<i>68</i>

## SEZNAM TABULEK:

<i>Tab. 1 - Rozdělení živočišných vláken</i> .....	12
<i>Tab. 2 - Seznam aminokyselin tvořících králíčí vlas</i> .....	15
<i>Tab. 3 - Rozměry a vlastnosti vláken ze srstí</i> .....	21
<i>Tab. 4 - Produkce vláken ze srstí</i> .....	22
<i>Tab. 5 - Rozdíl mezi plstěnci po aplikaci Aachenské metody</i> .....	43
<i>Tab. 6 - Rozdíl mezi plstěnci v závislosti na době rotačního působení</i> .....	45
<i>Tab. 7 - Rozdíl mezi plstěnci v závislosti na počtu otáček</i> .....	46
<i>Tab. 8 - Rozdíl mezi plstěnci v závislosti na objemu lázně – pro upravenou srst a neupravenou srst</i> .....	48
<i>Tab. 9 - Zplstění bílé upravené srsti</i> .....	49
<i>Tab. 10 - Zplstění suroviny v závislosti na způsobu promísení</i> .....	50
<i>Tab. 11 - Tvary plstěnců</i> .....	51
<i>Tab. 12 - Hodnoty pro srst upravenou a neupravenou</i> .....	52
<i>Tab. 13 - Statistické hodnoty pro hustotu plstěnců</i> .....	53
<i>Tab. 14 - Statistické hodnoty pro délku os plstěnců</i> .....	54
<i>Tab. 15 - Rozdíl mezi plstěnci v závislosti na době UV působení</i> .....	56
<i>Tab. 16 - Rozdíl mezi plstěnci ze srsti po UV osvitě a ze srsti neupravené</i> .....	57
<i>Tab. 17 - Plstěnce po UV osvitě mokré suroviny</i> .....	59
<i>Tab. 18 - Plstěnce po enzymatickém působení</i> .....	62
<i>Tab. 19 - Hodnoty plstěnců v závislosti na pH prostředí</i> .....	65
<i>Tab. 20 - Statistické hodnoty pro hustotu plstěnců v závislosti na pH prostředí</i> .....	65
<i>Tab. 21 - Rozdíl mezi plstěnci v závislosti na teplotě lázně</i> .....	66
<i>Tab. 22 – Statistické údaje pro hodnoty délek králíčích vláken</i> .....	68

## POUŽITÉ ZDROJE:

- [1] ZADINA, J. a kolektiv. *Chov králíků*. 1. vyd. Praha: Nakladatelství Brázda, 2004. 208 s. ISBN 80-209-0325-9.
- [2] OCHERETNA, L. *Textilní zbožíznalství: 1. - 4. přednáška - Vlákná živočišného původu* [online] [cit. 12.12.2011]. Dostupné na internetu: [http://www.kht.tul.cz/index.php?page=inc/items/items\\_details&item=100](http://www.kht.tul.cz/index.php?page=inc/items/items_details&item=100)
- [3] HLADÍK, V. a kolektiv. *Textilní materiály*. 2. vyd. Praha: SNTL, 1984. 225 s.
- [4] ROUETTE, H. K. *Encyclopedia of Textile Finishing - Vol.1*. 4<sup>th</sup> ed. Cambridge: Woodhead Publishing, 2001. 926 pg. ISBN 3-540-65031-8
- [5] HOUCK, M. M. *Identification of textile fibres*. 1<sup>st</sup> ed. Cambridge: Woodhead Publishing, 2009. 375 pg. ISBN 978-1-84569-266-7
- [6] MILITKÝ, J. *Přednášky: Textilní vlákna; Speciální vlákna*. 2.vyd. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2007. 423 s. ISBN 978-80-7372-169-5
- [7] MACHAŇOVÁ, D. *Předúprava textilií II*. 1.vyd. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2007. 161 s. ISBN 978-80-7372-277-7
- [8] FRANCK, R. R. *Silk, mohair, cashmere and other luxury fibres*. 1<sup>st</sup> ed. Cambridge: Woodhead Publishing, 2001. 247 pg. ISBN 978-1-59124-772-2
- [9] STANĚK, J. *Textilní zbožíznalství: Vláknenné suroviny, příze, nitě*. 1. vyd. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2006. 84 s. ISBN 80-7083-555-9
- [10] *Chov králíků* [online] [cit. 8.2.2012]. Dostupné na internetu: <http://www.angora.cz/chov-kraliku>
- [11] TRYŠČUK, P. *Plstění I.: Úvod do problematiky* [online] [cit. 18.2.2012]. Dostupné na internetu: <http://www.slovane.cz/view.php?navezvclanku=plsteni-i-uvod-do-problematiky&cislocclanku=2007030004FirefoxHTML\Shell\Open\Command>
- [12] JIRSÁK, O., WADSWORTH, L.C. *Nonwoven Textiles*. Durham: Carolina Academic Press, 1999. 133 pg. ISBN 0-89089-978-8
- [13] JIRSÁK O., MACKOVÁ I. *Netkanné textilie*. 3. vyd. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2001. 127 s. ISBN 80-7083-511
- [14] *Valchování a plstění vlny* [online] [cit. 8.2.2012]. Dostupné na internetu: <http://www.skolatextilu.cz/zus/index.php?page=15>
- [15] GUPTA, N. P. *Factors affecting felting of wool: An overview*. Journal of Textile Association [online] [cit. 20.2.2012]. 2007, Vol.68. No.1. 43-5 pg. Dostupné na internetu: <http://www.textileassociationindia.org/pdf/jtaissues/PageNo.43to45.pdf>

- [16] BONA, M. *An introduction to wool fabric finishing*. 2<sup>nd</sup> ed. Biella: Texilia, 1994. 224 pg. ISBN 187081259X
- [17] LIU, X., WANG, X. *A Comparative Study on the Felting Property of Animal Fibers*. Textile Research Journal [online] [cit. 1.2.2012]. 2007, Vol.77, No.12, 957-963 pg. Dostupné na internetu: <http://www.detextiles.com/files/AFIELTRAMIENTO%20EN%20DIFERENTES%20TIPOS%20DE%20PELOS.pdf>
- [18] *Tonak: Profil společnosti, historie společnosti* [online] [cit. 20.2.2012]. Dostupné na internetu: [www.tonak.cz](http://www.tonak.cz)
- [19] PAŘILOVÁ, H. *Textilní zbožíznalství 3: 7. přednáška - Pokrývky hlavy* [online] [cit. 10.2.2012]. Dostupné na internetu: [http://www.kht.tul.cz/index.php?page=inc/items/items\\_details&item=48](http://www.kht.tul.cz/index.php?page=inc/items/items_details&item=48)
- [20] *Method of determining the felting behaviour of loose wool or combed top* [online] [cit. 13.3.2012]. Dostupné na internetu: <http://pdf.directindustry.com/pdf/rosink-gmbh-co-maschinenfabrik/method-of-determining-the-felting-behaviour-of-loose-wool-or-combed-top/62246-135119.html>
- [21] *Datacolor Ahiba IR<sup>TM</sup> Pro: Overview* [online] [cit. 9.2.2012]. Dostupné na internetu: <http://industrial.datacolor.com/portfolio-view/datacolor-ahiba-ir-pro/>
- [22] *Povrchy a objemy těles* [online] [cit. 9.4.2012]. Dostupné na internetu: <http://www.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/132-povrchy-a-objemy-teles>
- [23] ŠTĚPÁNKOVÁ, M., ŠAŠKOVÁ, J., WIENER, J. *Measurement and elevating of the felt able ability of rabbit hair*. 14<sup>th</sup> International Conference – STRUTEX, Liberec 26-28.11 2007. ISBN 978-80-7372-271-5
- [24] BARKHUYSEN, F.A. a kol. *Effect of enzyme and oxidative treatments on the properties of coarse wool and mohair* [online] [cit. 2.4.2012]. 11th International Wool Research Conference, University of Leeds Conference Auditorium, United Kingdom, 4-9 September 2005, pp 9. Dostupné na internetu: [http://researchspace.csir.co.za/dspace/bitstream/10204/3164/1/Barkhuysen\\_2005.pdf](http://researchspace.csir.co.za/dspace/bitstream/10204/3164/1/Barkhuysen_2005.pdf)